

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

**Vliv parametrů broušení na projev vibrací vřeteníku brusky**

**Influence of the Grinding Parameters on the Vibration Projection  
of the Grinder**

Student:

BC. David Kobielsz

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2018

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Kobielusz**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování  
Téma: **Vliv parametrů broušení na projev vibrací vřeteníku brusky**  
**Influence of the Grinding Parameters on the Vibration Projection**  
**of the Grinde**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Technická diagnostika brusek je vzhledem ke specifickým vlastnostem těchto zařízení velmi problematická a náročná. Mezi tyto specifické odlišnosti lze považovat např. vysoké otáčky, náročné podmínky provozu a výrazný vliv parametrů broušení na životnost zařízení a zvyšování vibrací. V rámci této diplomové práce se zabývejte touto problematikou, proberte možnosti a úskalí aplikace diagnostiky na tato zařízení.

### V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proved'te potřebná měření.
5. Proved'te konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

KREIDL, M., ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1.vydání, 408s., ISBN 80-7300-157-6

KREIDL, M. a kol.: *Diagnosticke systémy*. ČVUT v Praze, Praha 2001, 352 s., ISBN 80-01-02349-4

BLATA, J. – Juraszek, J. *Metody technické diagnostiky, teorie a praxe. Metody diagnostyki technicznej, teoria i praktyka*. Ostrava: REPRONIS, s.r.o., 2013, 133 stran, ISBN 978-80-248-2997-5

Podkladové materiály - ADASH s.r.o., Brüel Kjaer, SKF Ložiska a.s.

ČSN 20 0065 *Metody měření a hodnocení mechanického kmitání-Mezní hodnoty kmitání*. Praha: Český normalizační institut, červen 1992. 16 s.

ČSN ISO 10 816 *Vibrace-Hodnocení vibrační strojů na základě měření na nerotujících částech*. Praha: Český normalizační institut, 1998.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry

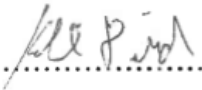


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 20.5.2018 .....

.....  .....

podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2018

.....

podpis

David Kobielsuz

Odbojářů 98

73961 Třinec

## ANOTACE

KOBIELUSZ, D. *Vliv parametrů broušení na projev vibrací vřeteníku brusky*: diplomová práce. Ostrava VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 90s. Vedoucí práce: Ing. Jan Blata, Ph. D.

Diplomová práce se zabývá vlivem parametrů broušení na projevu vibrací vřeteníku brusky. V teoretické části se zaměřuji na detailnější popis brusky BBS – 07, o které je psána tato práce. Brusku sochorů rozeberu po všech stránkách, od základních strojních dat, použití, přes bezpečnostní pokyny až k mazání a k mazacím systémům brusky. V teoretické části se zabývám samotným měřením a analýzou naměřených dat a součástí brusky. Cílem diplomové práce bylo zjistit proč dochází k poruchám ložisek a jak jím předejít a tím zvýšit jejich životnost.

**Klíčová slova:** Bruska, vibrodiagnostika, on-line měření ložisek, analýza naměřených dat.

## ANOTATION

KOBIELUSZ, D. *Influence of the Grinding Parameters on the Vibration Projection of the Grinder*: The Thesis. Ostrava VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 90p. Thesis head: Ing. Jan Blata, Ph. D.

The thesis deals with the influence of the grinding parameters on the vibration of the grinder's spindle. In the theoretical part I focus on a detailed description of the grinder BBS-07, about which this thesis is written. I will analyze the grinder of crowbars from top to bottom, from basic engineering data and usage through safety guidelines to greasing and the greasing systems of the grinder. In the practical part I deal with the actual measurement and analysis of the measured data and the grinder's parts. The aim of this thesis was to determine why there are failures of the bearings and how to prevent them and thus increase their lifetime.

**Keywords:** Grinder, vibrodiagnostics, on-line measurement bearing, analysis of measured data.

# Obsah

1.	Úvod .....	10
2.	Brousící nástroje a broušení .....	11
2.1.	Stojanová bruska .....	12
2.2.	Hrotová bruska .....	12
2.3.	Bezhrtová bruska .....	13
2.4.	Bruska na díry .....	13
2.5.	Rovinná bruska .....	14
2.6.	Bruska speciální .....	15
3.	Bruska BBS 07 .....	16
3.1.	Strojní data .....	16
3.2.	Použití .....	18
3.3.	Brousící stroj BBS – 07 .....	19
3.3.1.	Rameno brusky .....	19
3.3.2.	Brousící vůz .....	20
3.3.3.	Tlačky .....	21
3.3.4.	Zařízení pro primární odlučování prachových částic .....	23
3.3.5.	Zařízení pro sekundární odlučování prachových částic .....	23
3.3.6.	Kabina .....	24
3.3.7.	Hydraulický rozvod .....	24
3.3.8.	Odsávání .....	24
4.	Základní bezpečnostní pokyny .....	25
4.1	Nebezpečnost stroje .....	25
4.2	Bezpečnostní opatření .....	26
4.3	Obsluha strojního zařízení a její povinnosti .....	26
4.4	Povinnosti před každým započítím práce .....	27
4.5	Povinnosti obsluhy během chodu zařízení .....	27
4.6	Povinnosti obsluhy po ukončení práce .....	28
4.7	Manipulace s brusným kotoučem .....	28
4.8	Montáž a uvedení zařízení do provozu .....	29
4.8.1	Montáž a ustavení .....	29
4.8.2	Uvedení brusky do chodu .....	29
4.8.3	Oprava a údržba brusky .....	30
4.8.4	Vyřazení stroje z provozu .....	31
4.9	Mazání brusky BBS – 07 .....	31
4.9.1	Bezpečnostní rizika .....	35

4.9.1.1	Ruční mazací přístroj DLM.....	35
4.9.1.2	Dvoupotrubní dávkovač.....	36
4.9.1.3	Mazací systém olej / vzduch pro brusku – mazání olejovou mlhou .....	36
5.	Praktická část .....	38
5.1	Technologický informační systém TIS .....	38
5.2	Výrobní informační systém VIS. ....	40
5.3	Pochůzkové měření.....	41
5.4.	Online měření.....	42
5.5.	Ložiska .....	43
6.	Měření a analýza dat.....	45
6.4.	Měření a analýza vibrací Brusky BBS 07 .....	45
6.4.1.	Analýza vibrací.....	46
6.4.2.	Analýza ložisek .....	47
6.4.2.1.	Analýza válečkového ložiska NN 3026 .....	50
6.4.2.2.	Analýza kuličkového ložiska 7026 CDGA .....	55
6.4.3.	Analýza dalších parametrů.....	61
7.	Závěr.....	68
	Seznam použité literatury .....	71
	Seznam obrázků .....	72
	Seznam tabulek.....	74
	Seznam příloh.....	74

## Seznam použitých značek a symbolů

ACC	[g]	Zrychlení vibrací
BPFO	[-]	Frekvence poruchy na vnějším kroužku ložiska (Ball Pass Frequency Outer Race)
ENV	[g]	Obálka signálu zrychlení
EP	[-]	Vysokotlaké přísady (Extreme Pressure)
FTF	[-]	Chybová frekvence klece
FTIR	[-]	Infračervená spektrometrie s Fourierovou metodou
HFD	[g]	Vysokofrekvenční detekce signálu zrychlení
L3H	[-]	Snímač horizontálního směru u řemenice
L3V	[-]	Snímač vertikálního směru u řemenice
L4A	[-]	Snímač axiálního směru u brusného kotouče
L4H	[-]	Snímač horizontálního směru u brusného kotouče
L4V	[-]	Snímač vertikálního směru u brusného kotouče
RPM	[ot/min]	Otáčky za minutu (Revolutions Per Minute)
TIS	[-]	Technologický informační systém
VEL	[mm/s]	Rychlost vibrací
VIS	[-]	Veřejný informační systém

## 1. Úvod

Broušení je velmi starý a jeden ze způsobů obrábění materiálu. V minulosti se používala k broušení materiálu přírodní brusiva a to k tomu, aby člověk naostřil své pracovní nástroje.

Vynálezem umělého brousicího kotouče (r. 1859) a sestrojením prvních brousicích univerzálních strojů (r. 1860), se značně urychlil vývoj broušení (r. 1859). [1]

V minulosti byl kladen důraz pouze na jediný úkol a to na připravenost stroje a schopnost konat práci. Nyní se zaměřujeme čím dál více na spolehlivost strojů a taky na nízké servisní náklady. S tímto úkolem souvisí propracovanost údržby. Dnes je údržbě věnována stále větší pozornost. Správná údržba zodpovídá za spolehlivost, schopnost stroje plnit svojí funkci, kvalitu výrobků, bezpečnost stroje, efektivní využití energie a v neposlední řadě k uspokojení zákazníků.

K zjištění informací o stavu zařízení, v mém případě o stavu brusky, získáváme různými metodami měření technické diagnostiky. V mé práci se budu zabývat hlavně metodou zvanou, vibrodiagnostika. Pomocí této metody se budu snažit zjistit informace o stavu stroje a hlavně o stavu ložisek, které jsou na brusce poruchové.

Na základě této diplomové práce se pokusím objasnit proč a čím je tento stav ložisek způsoben a navrhnout vylepšení pro prodloužení životnosti samotného stroje.

## 2. Brousicí nástroje a broušení

Broušení je dokončovací, rychlostní mikrořezání, kdy odebereme drobné částičky povrchových vrstev tělesa mnohobřitým nástrojem zvaným brusný kotouč. Tento dokončovací proces obrábění nám slouží k dosažení přesných rozměrů, tvarů a drsností povrchu. Brousit můžeme cementované, tvrdé a kalené součásti, slinuté karbidy i jiné tvrdé a nekovové materiály. Broušení jde použít také k ostření nástrojů. [1]

Rozlišujeme několik druhů broušení a to dle typu brousicího nástroje:

1) Typ vázaným pevným brusivem – zrna brusiva jsou stmelena pojivem do tvaru brousicího kamene, kotouče, tělíska či jiného tvaru. Zrna mohou být i přilepena k pružnému podkladu a tento brousicí nástroj je ve tvaru brousicího pásu.

2) Typ volného brusiva – zrna se využívají ve formě prášku pro broušení kapalinou, ultrazvukem nebo jiným způsobem obrábění.

Brousicí stroj funguje tak, že brousicí kotouč se stýká s obrobkem, svým obvodem, nebo čelem. Brusky pracují s velkými rychlostmi. Při dotyku brusného kotouče s obrobkem dochází k úbytku materiálu brusného kotouče tak i obrobku.

Brusné stroje rozlišujeme dle tvaru broušené plochy a podle druhu práce.

### Základní rozdělení brusek dle broušených ploch:

- Broušení na vnitřní rotační plochy.
- Broušení na vnější rotační plochy.
- Broušení na ozubená kola.
- Broušení na rovinné plochy.
- Broušení pro ostření nástrojů.
- Broušení na závity.

### Rozdělení brusek dle druhu práce:

- Bruska stojanová.
- Bruska hrotová.
- Bruska bezhrotová.
- Bruska na díry.
- Bruska rovinná.

- Bruska speciální.

## 2.1. Stojanová bruska

Tyto brusky se používají k ručnímu broušení a ostření nástrojů. Skládá se z hlavní části, což v našem případě je stojan s elektromotorem. Na něm je uložena hřídel, na které jsou dva brusné kotouče. [2]



*Obrázek 1 - Stojanová bruska [5]*

## 2.2. Hrotová bruska

Pro broušení rotačních ploch na obrobcích upnutých mezi hroty se využívají hrotové brusky. Hrotové brusky mohou být univerzální, jednoduché a produkční. Univerzální hrotové brusky slouží k broušení vnějších a vnitřních válcových a kuželových ploch. Jednoduché brusky k broušení vnějších válcových ploch a produkční se používají v sériové výrobě a pracují hlavně v automatickém pracovním cyklu. Nejrozšířenější hrotová bruska je tzv. univerzální hrotová bruska, která se používá pro broušení válcových, kuželových, čelních ploch a někdy i pro broušení děr (obr. 2). [2]



*Obrázek 2 - Univerzální hrotová bruska [6]*



### 2.3. Bezhrotová bruska

U těchto brusek odpadá upínání obrobku. Bezhroté brusky jsou nejčastěji konstruovány pro vnější broušení. V menším měřítku se používají pro vnitřní broušení rotačních ploch. Tyto stroje jsou velmi výkonné a používají se hlavně v sériové výrobě. Brusky mají dva vřeteníky. A to brousicí vřeteník, kde se nachází brousicí kotouč a vřeteník s podávacím kotoučem. [2]



*Obrázek 3 - Bezhrotová bruska [7]*

### 2.4. Bruska na díry

Brusku na díry se dodávají jako sklíčidlové, bezhroté a planetové. Nejvýznamnější bruskou je sklíčidlová bruska na díry. Postupujeme tak, že obrobek upneme do sklíčidla vřeteníku, který je uložen na příčných saních. Tyto saně umožňují nastavení obrobku proti brousicímu kotouči na požadovaný průměr. Brousicí vřeteno má svůj vlastní elektromotor, který vykonává axiální posuvný pohyb. Některé větší brusky mají vřeteno na podélném stole, které umožňují axiální posuv obrobku k brousicímu kotouči. Brousicí vřeteník je uložen v tomto případě na příčných saních a vykonává radiální pohyb. [2]



*Obrázek 4 - Bruska na díry [8]*

## **2.5. Rovinná bruska**

Brusky se používají k broušení rovinných ploch a tvarů. Prostřednictvím elektromagnetických upínačů, upínáme obrobek na pracovní stůl brusky.

Rozlišujeme dva typy rovinných brusek:

- Vodorovná rovinná bruska.

Vodorovné brusky můžeme charakterizovat tak, že brousicí vřetena jsou ve vodorovné ose a brousí obvodem kotouče.

- Svislá rovinná bruska.

Svislé brusky mají osu vřetena ve svislé poloze a brousí čelem kotouče. [2]

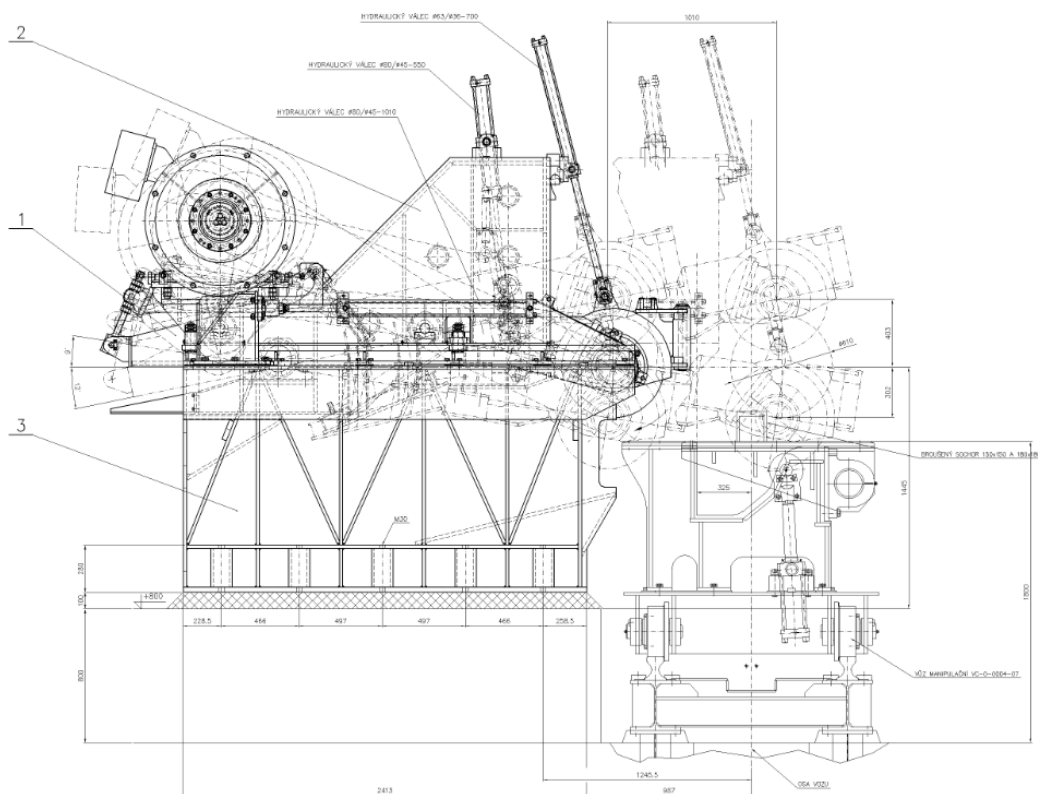


*Obrázek 5 - Bruska svislá rovinná [8]*

## **2.6. Bruska speciální**

Zde patří brusky, které mají speciální technologické zaměření jako např. brusky pro broušení závitů, brusky pro broušení klikových hřídelů, brusky na broušení ozubení, brusky na ostření nástrojů a atd.

### 3. Bruska BBS 07



Obrázek 6 - Bruska BBS - 07 (1. Rameno brusky, 2. Vozík brusky, 3. Rám brusky) [10]

V dalších řádcích se budu věnovat podrobněji speciální brusce, kterou budu označovat jako bruska BBS 07. Tato bruska slouží k broušení sochorů z oceli o průřezu  $150 \times 150 \text{ mm}$  a délky  $12 \text{ m}$ . Slouží nám za účelem odstranění povrchových vrstev a to celoplošně anebo místně a to podle jakosti materiálu nebo výskytu povrchových vad. Jiné použití či použití jiných materiálů s jinými vlastnostmi je nepřipustné. [10]

#### 3.1. Strojní data

Označení stroje:

- Bruska BBS-07

Specifikace broušeného materiálu:

- Materiál: ocel.
- Rozměrové údaje: kvadrát  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$  ( $180 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$ ).
- Maximální hmotnost:  $3100 \text{ kg}$ .
- Maximální křivost:  $5 \text{ mm/m}$ .

- Maximální mez pevnosti: 1200–1300 *MPa*.

Povolená odchylka (Přímost):

- Do 20 *mm* na 1 m délky.
- Max. 150 *mm* u sochorů o délce 12 *m*.

Způsob výroby:

- Sochory odlévané nebo válcované.

Teplota sochorů:

- Studené, na úroveň teploty okolí.

### **Technické parametry stroje**

Obecné parametry:

- Výkon hlavního motoru: 250 *kW*
- Brousicí přítlak: 200–2000 *Kg*
- Otáčky vřetene: 2500–3960 *ot/min*
- Úhel broušení: 90°
- Rychlost brousicího stolu: max 80 *m/min*
- Vysunutí tlačky: 1900 *mm*
- Vysunutí nakládacích vozíků: 1200 *mm*
- Výkon brusky na směnu (8 hod.): 34 tun (při sochoru 150 x 150 x 12 *m*)

### **Parametry brusného kotouče**

- Rozměr: 610.(75–120).203,2 *mm*
- Min. účinný průměr: 340 *mm*
- Max. obvodová rychlost 80 *m/sec*
- Vertikální pohyb brus. Kotouče: 705 *mm*
- Horizontální pohyb brus. Kotouče: 1010 *mm*

## Technický popis Brusky BBS – 07

Bruska BBS – 07 se skládá z následujících částí:

- Broušící stroj.
- Vozík brusky.
- Tlačka.
- Zařízení pro primární odlučování prachových částic.
- Zařízení pro sekundární odlučování prachových částic.
- Kabiny.
- Obslužné plošiny.
- Hydraulický rozvod.
- Odsávání.
- Vodní chlazení.
- Elektrozvody.
- Mazání.

### 3.2. Použití

Nejprve pomocí jeřábů s magnety naložíme asi pětici sochorů na nakládací rošt brusky a podávacím mechanismem vstupního roštu nakládáme jednotlivé sochory na vozík brusky. Zde je sochor upnut a potom se společně s vozíkem pohybuje pod vlastní brusku. Broušení povrchu sochoru dochází při podélném pojezdu vozíku pod brusku. Správnost broušení zajišťujeme pomocí mechanismu brusky, který nám zajišťuje požadovaný přítlak brusného kotouče a také posuv napříč sochořem. Po dokončení jedné plochy je sochor otočen pomocí pákového mechanismu a poté dochází k broušení další stěny sochoru. Takto pokračujeme k obroušení všech ploch sochoru.

Po dokončení broušení celých ploch sochoru, respektive vybroušení vad, je sochor pomocí mechanismu zvaný tlačka sesunut z vozíku na výstupní odkládací rošt. Během tohoto procesu je zároveň naložen další sochor. Po naložení sochorů na výstupní rošt jsou sochory odváženy do skladovacích boxů pomocí jeřábu s magnety. Cyklus se neustále opakuje. [10]

### **3.3. Brousící stroj BBS – 07**

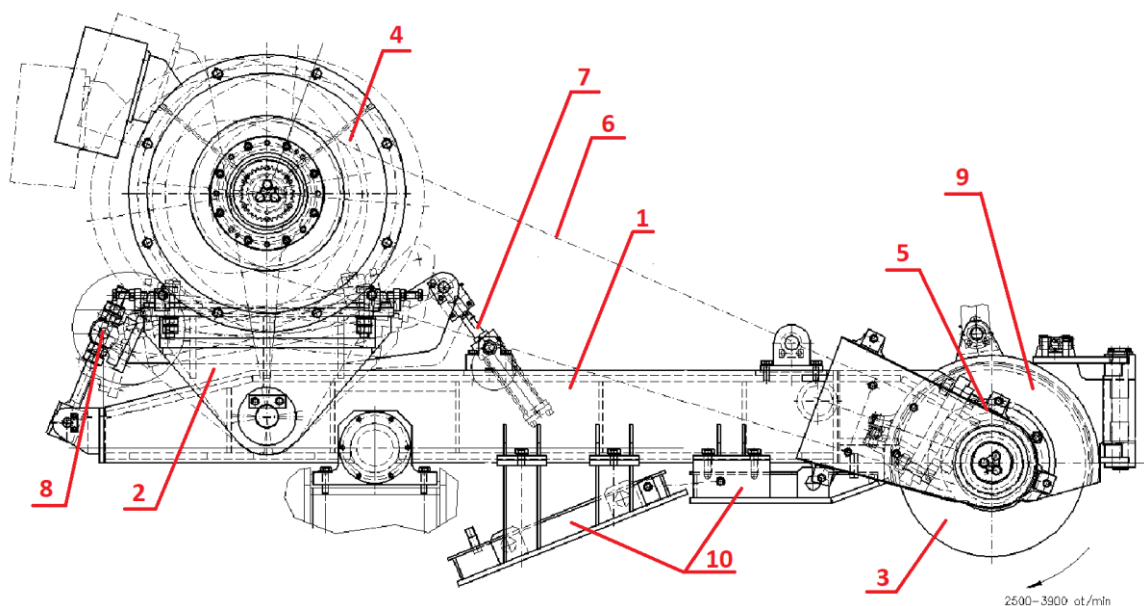
Základ brusky tvoří ocelový rám, který je pevně ukotven k betonovému základu. Na opracované horní ploše jsou upevněny dvojice kolejnic, po kterých se pohybuje vozík brusky pomocí kladek. Na vozíku je upevněn pohon vozíku. Tento pohon zajišťuje hydraulický válec. Pistnice je upevněna přes pružnou spojku ke konzole a pevně spojené se spodním rámem. Přívod energie do vozíku je řešen energetickými řetězy. [10]

#### **3.3.1. Rameno brusky**

Na opracovaných plochách vozíku brusky je v ložiskových domcích uloženo rameno brusky. Polohu brousícího ramene a také přítlak brousící hlavy je regulován a řízen hydraulickými válci. Vertikální pohyb brusky BBS – 07 je 705 mm. Jeden ze dvou válců vyvažuje hmotnost brousící hlavy a druhý válec reguluje přítlak. Přítlak je řízen dle aktuálního zatížení hlavního motoru a dle fáze pohybu vozu.

Rameno brusky BBS – 07 (obrázek č. 7) je složeno z tuhého rámu (pozn. 1). Zde je umístěn výklopný rám motoru (pozn. 2). Asynchronní motor Siemens (pozn. 4) zajišťuje pohon brusného kotouče (pozn. 3) o výkonu 250 kW. Tento výkon je přenášen na vřeteník brusky (pozn. 5) pomocí sadou šestnácti klínových řemenů (pozn. 6). Napnutí řemenů zajišťuje hydraulický válec (pozn. 7) a pro zajištění polohy slouží matice (pozn. 8). Brusný kotouč má říditelné otáčky a otáčí se v rozsahu 2500–3960 ot/min. Na ochranu obsluhy a zařízení brusky proti případnému roztržení kotouče je namontován robustní kryt (pozn. 9).

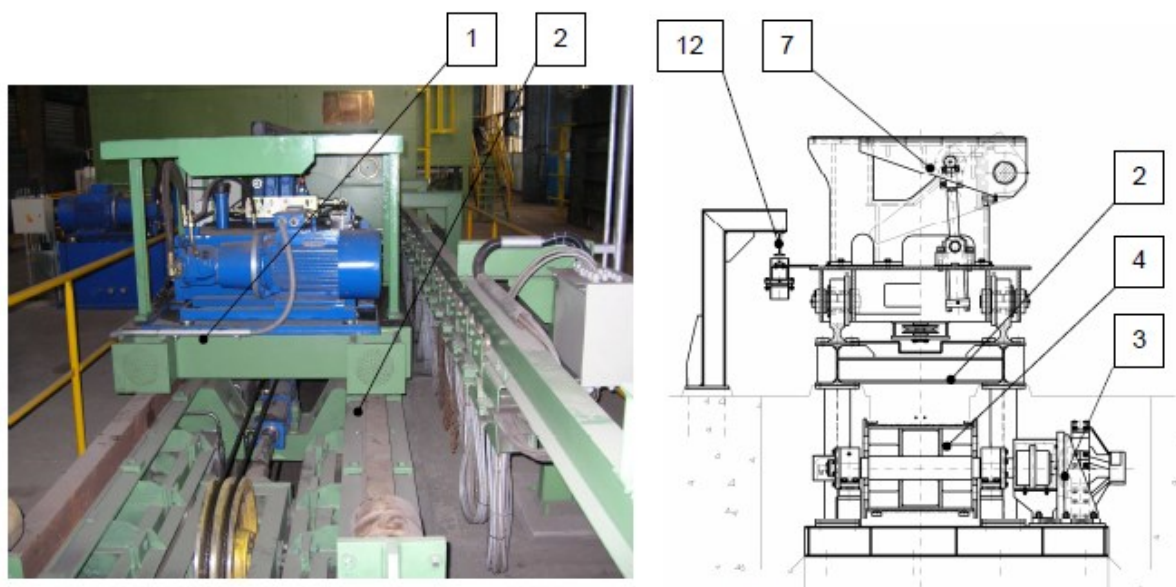
Odbrusky, které odlétávají od brusného kotouče jsou odráženy od chladících stěn (pozn. 10) do prostoru primárního odprášení. Tyto chladicí stěny jsou chlazeny vodou. [10]



Obrázek 7 - Rameno brusky [10]

### 3.3.2. Brousicí vůz

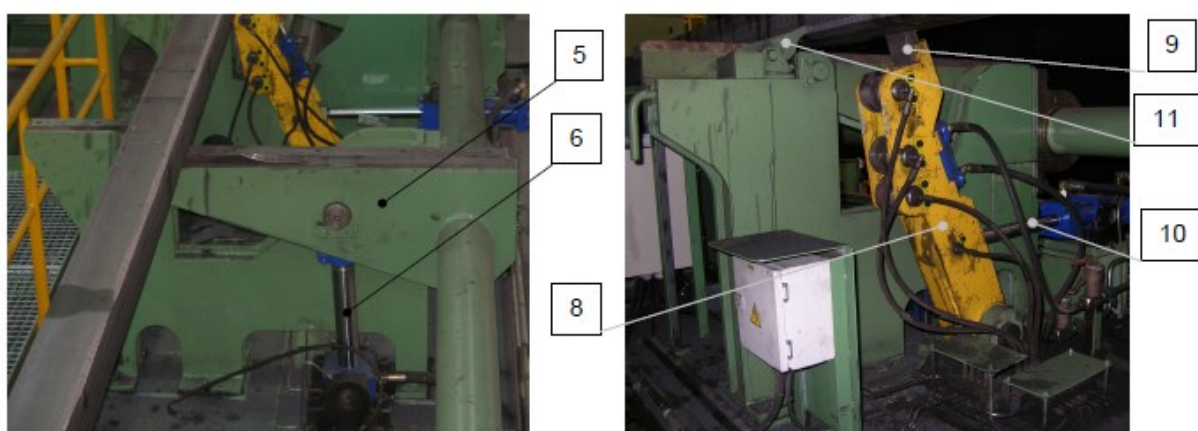
Vůz (pozn. 1), který je pro snazší manipulaci dělený na dvě části, jezdí po dráze z obr. 8 (pozn. 2). Pohon vozíku zajišťuje lanový kladkový systém s pomaloběžným hydromotorem (pozn. 3). Hydromotor pohání speciální buben (pozn. 4), na který se navíjí tažné lano. Lano prochází přes koncové kladky. Jedna kladka slouží jako napínací mechanismus. Tato kladka je poháněna hydraulickým válcem, který průběžně napíná lana.



Obrázek 8 - Vůz brusky a řez vozem brusky [10]



Pákový mechanismus (obrázek 9), který je součástí vozu, slouží k otáčení a upínání sochorů. K tomuto otáčení sochorů slouží 6 pák (pozn. 5). Tyto páky se sklápějí pomocí hydraulických válců (pozn. 6). Při sklopení se sochor opře o tvarovaný zářez (pozn. 7) a tím dojde k otočení sochoru. Pro uchopení sochorů na voze slouží 4 mechanizmy (pozn. 8). Tyto mechanizmy jsou rozmístěné na voze tak, aby sloužily k uchopení různých délek sochorů. Na upínacích pákách leží výsuvný palec (pozn. 9). Po vysunutí palce je páka hydraulickým válcem přitlačena (pozn. 10). Tímto přitlačením je sochor přitlačen na sklopnou zarážku (pozn. 11). Sklopná zarážka umožní nasunutí sochoru tlačkou. Dráha kabelových vozíků (pozn. 12) zajišťuje vozíku napájení a kontakt snímačů. [10]



*Obrázek 9 - Mechanismus otáčení a upínání sochoru [10]*

### 3.3.3. Tlačky

Zařízení se skládá ze dvou částí, z nakládacího (pozn. 1) a vykládacího (pozn. 2) roštu. Tyto části můžeme vidět na obr. č. 10.

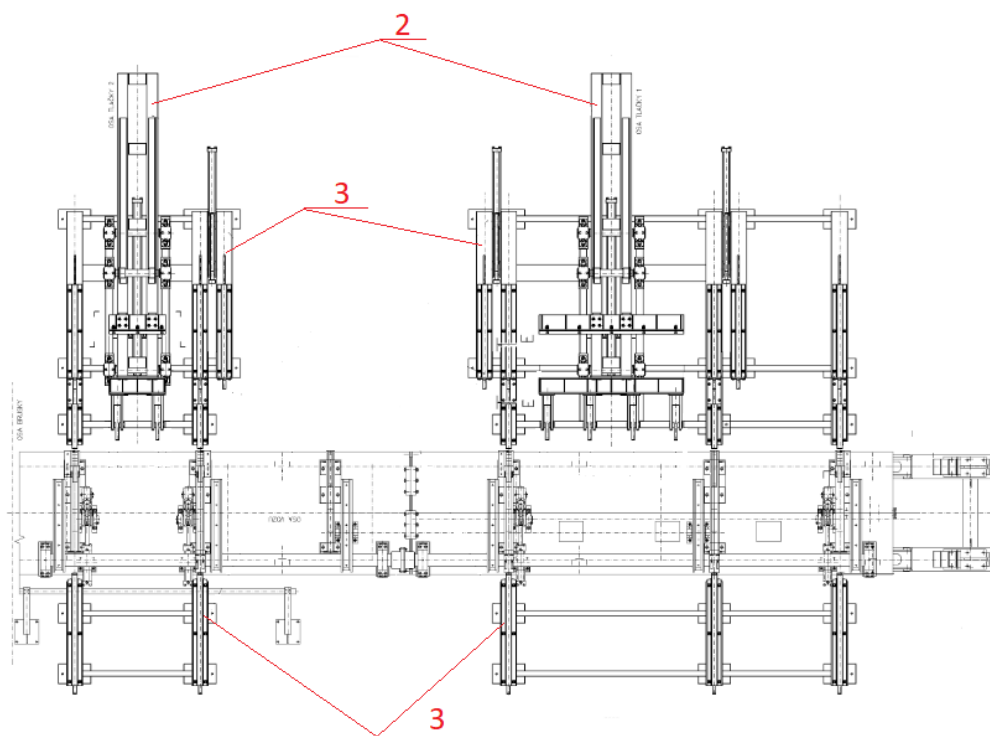
Nakládací část roštu, je rozdělena do dvou úrovní. První úroveň nebo-li horní plocha nakládacího roštu, slouží jako zásobník pro umístění pětice sochorů. Druhá úroveň je naopak spodní plocha nakládacího roštu. Tato plocha nám slouží k nakládání sochorů.

Pětici sochorů umístěných na horní ploše, postupně tlačíme do doby, kdy bude jeden sochor posunut na skluz, po kterém se pohybuje dále na spodní plochu. K tlačení jsou použity trojice vozíků, které se pohybují v rámech tlačky (pozn. 3) na kladkách. Pohyb vozíku zajišťuje hydraulický válec. Vyložení opracovaného sochoru a naložení nového probíhá současně během jednoho vysunutí dvojice tlaček. Během vysouvání tlačky, ze spodní části skluzu, je sochor zachycen zadní plochou tlačky a pohybuje se dále

na vůz brusky a zároveň přední palce tlačky, odtlačují opracovaný sochor z vozu na vykládací rošt tlačky. Palce přední části tlačky se při zpětném pohybu sklopí a tím minou naložený sochor. Po dosažení původní krajní polohy, se tlačky opět vyklopí. Pro pohyb sochorů jsou veškeré plochy, na kterých se pohybují opatřeny kolejnicemi (pozn. 4). [10]



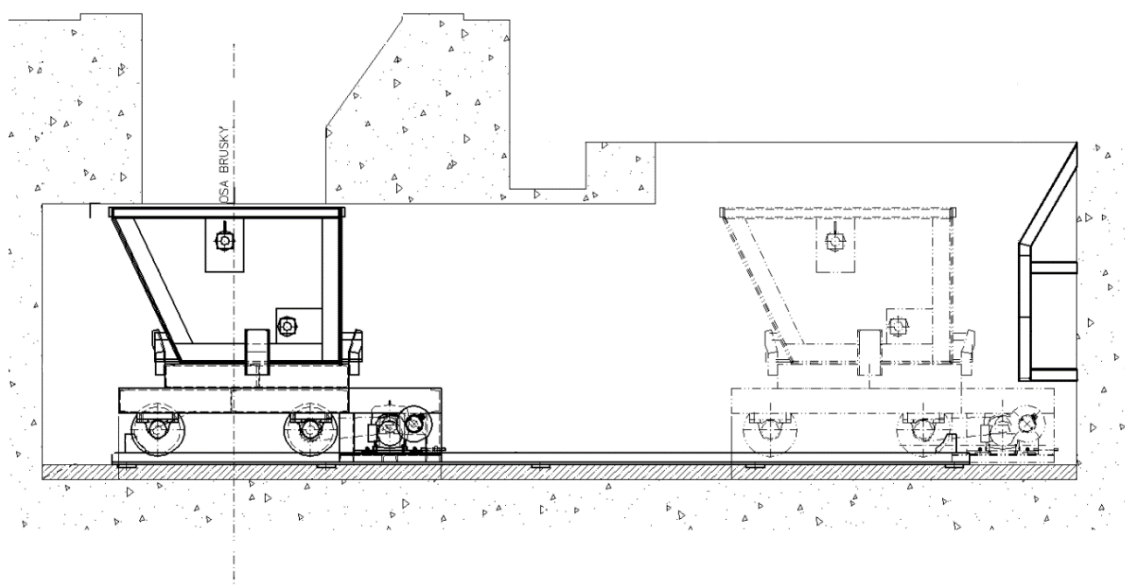
*Obrázek 10 - Nakládací a vykládací část [10]*



*Obrázek 11 - Tlačky [10]*

### 3.3.4. Zařízení pro primární odlučování prachových částic

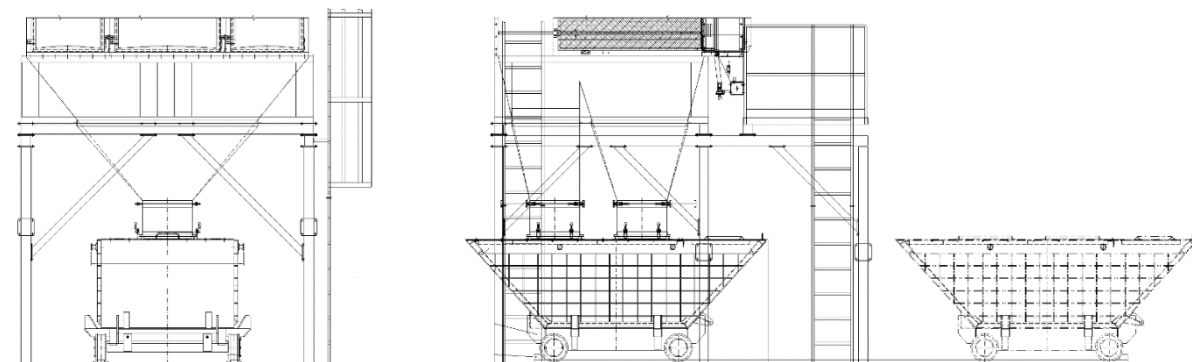
Jak už bylo řečeno dříve, odlétávající odbrusky od brusného kotouče jsou odráženy od chladicích stěn do prostoru. Tyto odbrusky padají pod brusku do sběrné nádoby. Nádoby jsou umístěné na vozíku primárního odprášení. Vozík slouží k vyvezení nádoby. Nádobu vyvezeme mimo prostor brusky a z důvodů, aby bylo umožněno její vyzvednutí jeřábem. Vozík se pohybuje po kolejové dráze pomocí elektropřevodovky. [10]



*Obrázek 12 - zařízení pro primární odlučování prachových částic [10]*

### 3.3.5. Zařízení pro sekundární odlučování prachových částic

Větší odbrusky jsou odráženy pod brusku do sběrné nádoby a jemnější prachové a brusné částice jsou odsávány do vozíku sekundárního odprášení. Odsávání jemnějších částic je napojeno na zadní část rámu brusky. Odsávání je i prostor kabiny. Drobné odsáté částice jsou filtrovány a shromažďovány ve venkovní sběrné nádobě vozíku sekundárního odprášení. Vozík slouží k vyvezení sběrné nádoby. Vozík se pohybuje po kolejové dráze a následně je možno tento vozík vyzvednout jeřábem. [10]



*Obrázek 13 - Zařízení pro sekundární odlučování prachových částic [10]*

### **3.3.6. Kabina**

Brousicí stroj je umístěn v kabině, která má ve stěnách izolaci a díky ní je snížena hladina hluku unikající do okolí. Další důvodem umístění brusky do kabiny je bezpečnostní. Kabina zvyšuje bezpečnost pracoviště. Tato kabina je odsávána pro snížení prašnosti na pracovišti.

Řídicí pracovník brusky řídí brusku z řídicí kabiny. Z této kabiny má výhled přes sklo na pracoviště. Sklo chrání proti případnému roztržení kotouče mřížemi. Kabina je taky klimatizována. Pro příchod a odchod pracovníku z kabiny slouží plošiny. [10]

### **3.3.7. Hydraulický rozvod**

V prostoru brusky je umístěn hydraulický agregát. Agregát slouží pro provoz brusky a pohon lanových kladek. Další hydraulický agregát leží na voze. Tento agregát zajišťuje provoz hydraulických válců na voze. [10]

### **3.3.8. Odsávání**

Bruska je vybavena odsáváním, z důvodu minimalizování prašnosti na pracovišti. Odsávání odsává prostor kabiny a prostor pod rámem brusky. Vzduch je poté filtrován. Odprašky se shromažďují v bikranu vozu sekundárního odprašení. [10]

## 4. Základní bezpečnostní pokyny

### 4.1 Nebezpečnost stroje

Zařízení je vybaveno několika ochrannými prvky. Prvky jsou podrobeny interní zkoušce a bezpečnostní přejímce. Přesto při nedodržení a při nesprávné obsluze hrozí nebezpečí pro:

- Život a tělo obsluhy.
- Stroj i jiné věcné hodnoty.

Každá osoba, která se účastní instalace, uvedení do provozu, údržby a obsluhy musí dbát následujících bezpečnostních pokynů.

Maximální hodnota hluku brusky je projektována na 85 dB/A. Tato mez může být překročena na maximální hodnotu 120 dB/A. A to při broušení, otáčení a nakládání sochorů.

Musíme také počítat s nebezpečím při roztržení kotouče. Materiálové vady vnitřní a vnější nebo stárnutí materiálu mohou mít za následek roztržení brusného kotouče. Kinetická energie brusného kotouče může způsobit vmetení a zasažení částí brusného kotouče.

Další nebezpečí nastává při výměně sochorů tlačkou. Pohybující tlačka může způsobit stlačení části těla obsluhy, popřípadě zachycení části obsluhy.

Dále zde máme nebezpečí od hydraulického zařízení. Toto nebezpečí dělíme na dvě části:

- Poškození hydraulické hadice

Při pravidelné kontrole a přezkoušení hydraulických hadic dochází k objevení trhlin a děr. Po zjištění této vady musíme hydraulické hadice okamžitě vyměnit za nové.

- Netěsný hydraulický obvod

Během provozu zařízení může docházet k netěsnostem napojení hydraulických hadic. Tyto netěsnosti způsobí, že hydraulický olej pod tlakem vystřikuje a může vést k poranění obsluhy zařízení. Je třeba neprodleně odstranit všechny netěsná místa v hydraulickém obvodu.

Svévolné přestavby, změny na stroji jsou z bezpečnostních důvodů zakázány. [10]

## 4.2 Bezpečnostní opatření

Bezpečnostní opatření na zařízením jsou obstarány pomocí tlačítek nouzového zastavení a takzvané kontroly pracovní oblasti.

Tlačítka nouzového zastavení jsou uložena v ovládacím pultu a na technologickém zařízení zvýrazněna červeným hříbovým tlačítkem se žlutým kroužkem. Tlačítko způsobí nouzové zastavení pohonu brusného kotouče a následné vypnutí hlavního vypínače v rozvaděči brusky.

Kontrolou pracovní oblasti se rozumí výhledu, kterou musí mít obsluha na celou pracovní oblast. Je-li výhled jiným zařízením, sloupy hal a atd. zakrytý, musí být zařízení opatřena vhodnými prvky jako jsou například zrcadla, kamery a atd., která umožní kontrolu nad celou pracovní oblastí. [10]

## 4.3 Obsluha strojního zařízení a její povinnosti

Zařízení smí obsluhovat personál, který je spolehlivý, kvalifikovaný, tělesně a duševně způsobilý. Pro obsluhu, která se hlavně zdržuje mimo prostor řídicí kabiny jsou k vykonávání práce předepsány tyto ochranné pomůcky:

- Ochranná přilba.
- Ochranná obuv.
- Ochranný oblek.
- Ochranné rukavice.
- Ochrana sluchu.
- Ochrana zraku.

Obsluha by také měla být prokazatelně seznamována s návodem pro obsluhu a údržbu a místním bezpečnostním předpisem. Měla by se starat o vlastní bezpečnost a zdraví a také o bezpečnost a zdraví osob, které mohou být postiženy jeho jednáním nebo zanedbáním povinnosti při obsluze zařízení. Dále nevyřazovat z provozu ochranná zařízení a snímače koncových poloh, dbát, aby se brusný kotouč nedotýkal boční stranou sochoru a nebo stolu ať už v otáčkách nebo v klidu. Obsluha má vést tzv. „Provozní knihu zařízení!“ a zabezpečit brusný kotouč, aby nebyl vystaven silným nárazům. Při překročení minimálního přípustného průměru brusného kotouče, který je 340 mm, okamžitě vyměnit

kotouč. Nikdy nesmí obsluha brousit boční stranou kotouče a měla by dodržovat obvodovou rychlost brusného kotouče pod 4500 *m/min*, tím pádem by měla přesně nastavovat počet otáček tak, aby odpovídala průměru brusného kotouče. [10]

#### **4.4 Povinnosti před každým započetím práce**

- Obsluha má zajistit, aby se v okolí zařízení nenacházely nepovolané osoby.
- Kontrola strojního nebo elektrického zařízení nevykazuje viditelné poškození.
- Po předcházejících dvou kontrolách provede obsluha zařízení kontrolu činností stroje bez zatížení. Vady, které obsluha nalezne je nutné ihned odstranit. S drobnými vadami si poradí obsluha sama, odstranění větších závad provádí údržba provozu. Po odstranění vad, může být zařízení uvedeno do chodu.
- Ze spodní části jednotky hřídele brusného kotouče třeba odstranit olej.
- Obsluha natře povrch kolejnice tlakem olejem.
- Ověří si hladiny oleje v nádrži, tlak a průtok oleje a zajistí, aby bylo mazání olejovou mlhou uvedeno do provozu více než jednu minutu před spouštěním brusného kotouče.
- Nechá se běžet brusný kotouč na více než tři minuty před zahájením broušení bez jakéhokoliv zatížení.
- Nechá se běžet brusný kotouč na více než pět minut po výměně kotouče bez zatížení.
- Obsluha dodatečně dotáhne šrouby brusného kotouče, který byl vyměněn a to cca po třech hodinách po nasazení brusného kotouče. [10]

#### **4.5 Povinnosti obsluhy během chodu zařízení**

- Zásadně nenechávat zařízení bez dozoru. Obsluha zařízení se musí plně koncentrovat práci ovládaného stroje tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti osob a strojů.
- Sledovat plynulost strojního zařízení z důvodu zjištění možného poškození nebo poruch. V případě zjištění pracovních změn na strojním zařízení je nutné tento stroj okamžitě zastavit.
- Během delšího přerušení práce, má obsluha nutnost zařízení vypnout vypnutím ovládaní hlavního vypínače, umístěného na pultu v kabině a zajistit proti neoprávněnému spuštění uzamčením.
- Další povinností je vést „Provozní knihu zařízení“. Do této knihy se zapisují záznamy o stavu zařízení, provozní prohlídky, inspekce, poruchy, projev zjištěných stavů při kontrole, způsob opravy, jméno pracovníka, který prohlídku provedl a odstranil poruchu. [10]

#### **4.6 Povinnosti obsluhy po ukončení práce**

- Zařízení je třeba odpojit od zdroje energie, v našem případě vypnutím hlavního vypínače.
- Zajistit zařízení proti neoprávněnému použití stroje jinou osobou (provedeme tak jak bylo řečeno už dříve, uzamknout hlavní vypínač).
- Obsluha opticky zkontroluje stav zařízení.
- Veškeré zjištěné vady a poškození strojního zařízení, které vznikly během provozu zapsat do provozní knihy a zařízení.
- Očistit zařízení od nečistot. [10]

#### **4.7 Manipulace s brusným kotoučem**

Při manipulaci s brusným kotoučem dodržujeme několik bodů:

- Kontrolu vzhledu kotouče – Je třeba zkontrolovat kvalitu povrchu brusného kotouče před jeho nasazením.
- Zvuková kontrola proti vnitřním trhlinám – neboli zvukový test. Při tomto testu držíme brusný kotouč ve vertikální poloze a zlehka poklepávat vnější povrch dřevěnou paličkou. Výrobek je dobrý, pokud brusný kotouč při poklepání vydává jasná zvuk po celém jeho vnějším povrchu. Pokud tomu tak není a zvuk je odlišný, je výrobek špatný.
- Příruba – Používat jen takové příruby, které mají hladký povrch bez drsností a trhlinek na straně přiléhající na brusný kotouč a také příruby bez nečistot.
- Používat štítek – bezpodmínečně používat těsnící štítek mezi kotoučem a přírubami.
- Poloha brusného kotouče – Je třeba dbát na to, aby při připojování brusného kotouče k přírubám, byly slova „mount up“, která jsou uvedena na kotouči, na horní straně.
- Šrouby pro uchycení kotouče – používat pouze šrouby k uchycení brusného kotouče se správným závitem a nejsou zkřiveny a nemají žádné trhliny.
- Nasazování brusného kotouče – Nejprve musíme odstranit všechny prach a nečistoty ležící na kotouči a přírubách. Poté přivést brusný kotouč na plošinu na voze do kabiny. Dalším krokem je vložení „L“ pouzdra do příruby a namontovat kotouč na přírubu. Příruba s brusným kotoučem musí být spojena bez použití přílišné síly. Brusný kotouč a příruba jsou spojeny šrouby, které přitahujeme střídavě na protilehlých stranách tak, aby utažení brusného kotouče k přírubě bylo rovnoměrné. Tento proces



opakujeme a utahujeme šrouby více. Pro šrouby upevňující brusný kotouč, používáme moment cca 1000–1200 *kg/cm*.

- Krytí brusného kotouče – Pro krytí brusného kotouče používáme kryt, který po upevnění brusného kotouče zabezpečíme dotažením šrouby krytu.
- Obvodová rychlost – Během otáčení brusného kotouče, nastavujeme přesně počet otáček tak, aby odpovídaly průměru brusného kotouče.
- Zkouška bez zatížení zařízení – Po upevnění brusného kotouče a jeho krytu, necháme běžet kotouč v otáčkách bez zatížení více než pět minut.
- Dodatečné utažení šroubů brusného kotouče – Asi cca po třech hodinách po nasazení brusného kotouče, musíme zkontrolovat a dotáhnout šrouby. [10]

## **4.8 Montáž a uvedení zařízení do provozu**

### **4.8.1 Montáž a ustavení**

Zařízení brusky bude po částech dopravena na stanoviště. Tyto části budou částečně smontovány. Na stanovišti musí být přichystán dobře provedený základ, který musí být rovný, pevný a váhou zařízení a zatížením se nesmí deformovat. Na tomto stanovišti bude bruska ukotvena do rozmístěných otvorů. Ukotvenou brusku zkontrolujeme, jestli dokončovací práce byly provedeny správně a dle pokynů uvedených v mazacím předpisu promazat. Používáme zásadně čistá, nová nebo doporučená maziva našich subdodavatelů. [10]

### **4.8.2 Uvedení brusky do chodu**

Poté co jsme provedli montáž zařízení přejdeme k dalšímu kroku. Než zařízení uvedeme do provozu zkontrolujeme správné ustavení a ukotvení zařízení, úplnost dokončovacích prací, promažeme zařízení dle pokynů uvedených v mazacích předpisech, přezkoušíme nouzový vypínač, zkontrolujeme seřízení stroje a vyčistíme zařízení od protikorozních nátěrů a znečištění. Strojní zařízení můžeme provozovat pouze tehdy, pokud jsou všechny ochranné prvky a bezpečnostní kryty na správném místě a jsou plně funkční. [10]

### 4.8.3 Oprava a údržba brusky

Strojní zařízení vyžaduje pravidelnou a odbornou údržbu. Prohlídky a kontroly provádíme následovně:

#### Každodenní kontroly.

Kontrolujeme provozní teplotu vřeteníku, zvuk při rotaci kotouče a vibrace kotouče.

#### Týdenní kontroly (po každých 150 pracovních hodinách).

U týdenních kontrol kontrolujeme opotřebení řemenů pohonu brusného kotouče. V případě, že zjistíme u této kontroly poruchu aspoň jednoho z řemenů, je třeba vyřadit celou sadu. Poruchou řemenů je myšleno dosažení mezního stavu řemene jako např. roztržení, vznik trhlin zasahujících do tažné části, nemožnost napnutí a oddělení na více než 1/3 délky. Dále kontrolujeme stav napnutí hnacích řemenů, které dle potřeby napnout a stav poškození a opotřebení příruby brusného kotouče.

#### Kontroly po 1500 hodinách provozu.

Po 1500 hodinách provozu je třeba vyměnit šrouby pro montáž brusného kotouče za nové (8ks/kotouč) a hnacích řemenů vřeteníku. Měníme vždy za celou sadu. Kontrolujeme důkladně povrch příruby dotýkajících se brusného kotouče na vady, trhliny, kazy a také kontrolujeme vnější obvod příruby, pokud se vyskytují závady. Tyto závady odstraníme anebo vyměníme přírubu.

#### Kontroly prováděné každé 3 měsíce (po každých 2000 pracovních hodinách).

Kontrolujeme:

- Opotřebení lan pohonu vozu.
- Řetězy.
- Řetězová kola.
- Kladky.
- Ozubená kola.
- Čepy.
- Hřídele.
- Spoje.

- Konzoly.
- Stav dotažení šroubu a matic.

Půl roční kontroly a opravy (nebo také po 400 pracovních hodinách).

Provádíme kontroly těsností převodovek (případně doplnění oleje), vůlí pohyblivých se částí zařízení, provádíme vizuální kontroly opotřebení kluzných pouzder v ložiskových domcích, seřizujeme čidla a dotahujeme všechny šrouby brusky.

Po 6000 hodinách provozu a nebo nejpozději po 3 letech provádíme střední opravu.

U střední opravy provádíme revizi stavu opotřebení funkčních ploch a generální opravu vřeteníku. Dle stavu opotřebení funkčních ploch nařizujeme výměnu. U generální opravy vřeteníku měníme speciální použitá ložiska. Provádíme také výměnu olejových náplní všech převodovek.

Generální oprava (po šesti letech provozu).

Obnovujeme nátěry, demontujeme stroje na díly a provádíme vadných za náhradní. Součástí generální opravy je také revize elektročástí stroje. [10]

#### **4.8.4 Vyřazení stroje z provozu**

Životnost stroje je cca 10 let a víc. Po skončení technického života stroje a jeho následném vyřazení z provozu postupujeme při jeho likvidaci následovně:

- Demontujeme kompletní elektrovýzbroj, kabelů a elektrického motoru.
- Demontujeme díly z barevných kovů a ocelové díly, které včetně stojanů zešrotujeme.
- Provádíme likvidaci tuků, mazacích olejů, náplní převodových skříní. Vše v souladu s průvodní dokumentací výrobce dodaných maziv. [10]

#### **4.9 Mazání brusky BBS – 07**

Pro brusku sochorů používáme tyto mazací systémy:

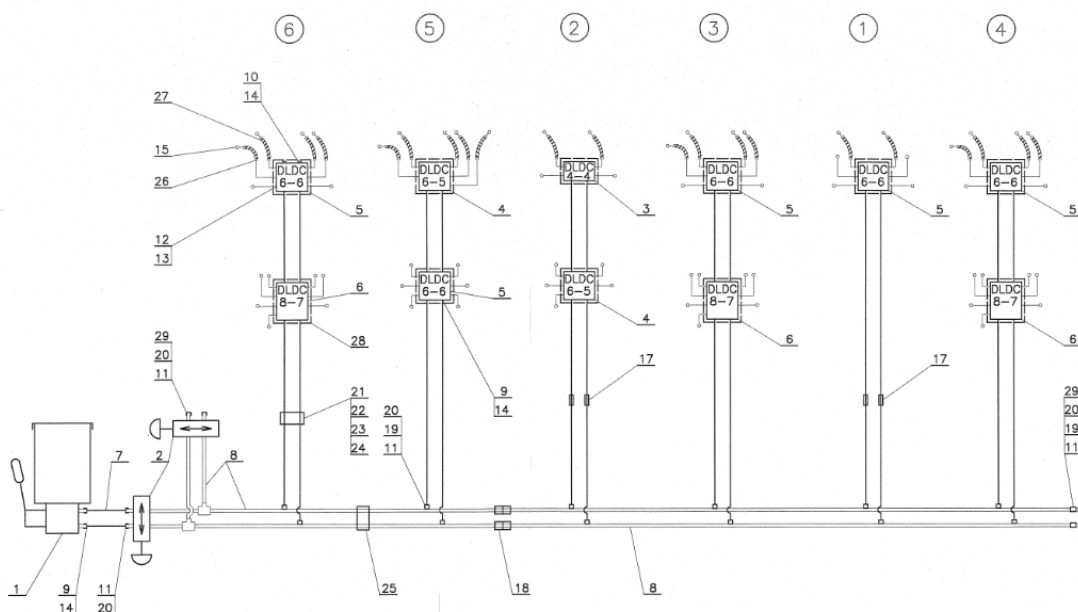
- 1) Centrální tukové mazání a tukový mazací systém.
- 2) Mazání olejovou mlhou.

Centrální tukový systém je navržen pro mazání manipulačního vozíku a pro některá mazaná místa brusky. Tento systém je navržený s dvoupotrubními

dávkovalci. Dvoupotrubní mazací systém je řešen tak, že na vývod z mazacího přístroje je napojen tlakový přeřadovač. Přeřadovač současně zabezpečuje střídavou dodávku maziva do dvou potrubí mazacího systému (natlakování jednoho z potrubí a odlehčení druhého). Tlakový přeřadovač je připojen na těleso mazacího přístroje. Na rozvodné potrubí jsou připojeny dvoupotrubní dávkovalce řady DLD. Při natlakování jednoho potrubí je namazána jedna polovina mazaných míst připojených k dávkovalcům. Druhá polovina mazaných míst, která jsou připojena k dávkovalcům, je namazána tlakem maziva ve druhém rozvodném potrubí. K promazání obou polovin mazaných míst tedy dochází během dvou mazacích cyklů. Regulace dávky je prováděna pomocí stavěcího šroubu, který leží v regulační hlavě dávkovalce. Dále jsou obvody vybavovány koncovým tlakovým spínačem. Snímač signalizuje průběh mazacího cyklu, řídicí jednotkou plní funkci časovače chodu a kontroly průběhu jednotlivých mazacích cyklů, čistícími filtry rozvodných potrubí, kontrolními tlakovými čidly, ručními či elektromotorickými uzavíracími ventily pro odstavení jednotlivých větví mazacího obvodu a plnicím zařízením pro automatizované doplňování maziva v mazacích přístrojích.

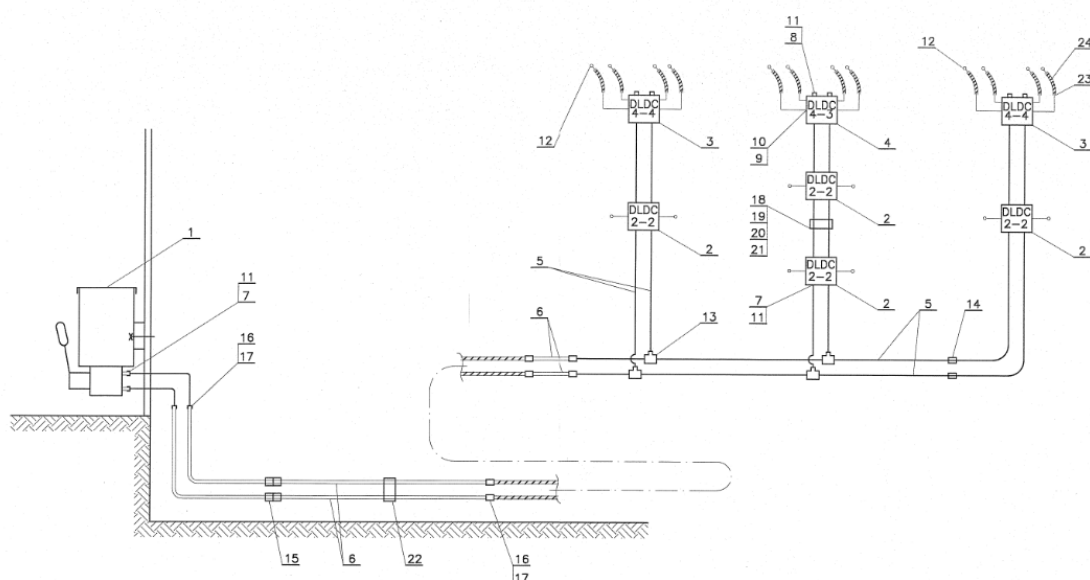
Technický popis:

Centrální tukové mazání obstarává mazivo pro manipulační vůz u 65 mazacích míst a tukový mazací systém u brusky obstarává pro 19 mazacích míst.



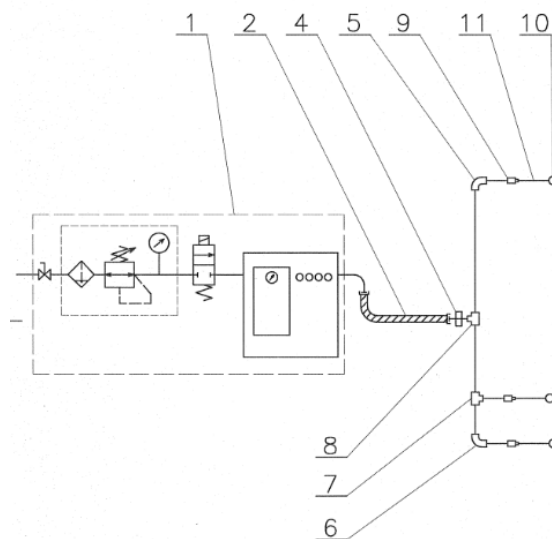
Obrázek 14 - 65 mazaných míst [10]

1) Mazací přístroj DLM, 2) Ruční uzavírací kohout, 3) Dvoupotrubní dávkovač 4 – 4, 4) Dvoupotrubní dávkovač 6 – 5, 5) Dvoupotrubní dávkovač 6 – 6, 6) Dvoupotrubní dávkovač 8 – 7, 7) Ocelová trubka 10x1,5, 8) Ocelová trubka 28x4, 9) Přívod TR10 / G3 / 8“, 10) Zátka G3 / 8“, 11) Těsnicí kroužek 16x20x1,5, 12) Vývod TR10 / G1 / 4“, 13) Kroužek těsnící 13,2x18x1 14) Kroužek těsnící 16,6x21x1,5 15) Přípoj do maz. místa, 16) T – kus TR10, 17) Spoj potrubí TR10, 18) Spoj redukce TR35 / TR28, 19) Návarek přímý, 20) Přípoj přímý TR10 / M16x1,5, 21) Příchytka 1 TR10, 22) Příchytka 2 TR10, 23) Příchytka 3 TR10, 24) Příchytka 4 TR10, 25) Příchytka 2 TR28, 26) Protikus ohebné hadice, 27) Ohebné hadice bez opletu, 28) Kryt, 29) Záslepka.



*Obrázek 15 - 19 mazaných míst [10]*

1) Mazací přístroj DLM, 2) Dvoupotrubní dávkovač 2 – 2, 3) Dvoupotrubní dávkovač 4 – 4, 4) Dvoupotrubní dávkovač 4-3, 5) Ocelová trubka 10x1,5, 6) Ocelová trubka 28x4, 7) Přívod TR10 / G1 / 4“, 8) Zátka G3 / 8“, 9) Vývod TR10 / G1 / 4“, 10) Kroužek těsnící 13,2x18x1, 11) Kroužek těsnící 16,6x21x1,5, 12) Přípoj do maz. místa, 13) T-kus TR10, 14) Spoj potrubí TR10, 15) Spoj redukce TR35 / TR28, 16) Návarek přímý, 17) Přípoj přímý TR10 / M16x1,5, 18) Příchytka 1 TR10, 19) Příchytka 2 TR10, 20) Příchytka 3 TR10, 21) Příchytka 4 TR10, 22) Příchytka 2 TR28, 23) Protikus ohebné hadice, 24) Ohebné hadice bez opletu.



*Obrázek 16 - Mazání olejovou mlhou [10]*

1) Agregát olej / vzduch, 2) Ohebná hadice bez opletu, 3) Příchytka 1 TR25, 4) Příchytka 1 TR15, 5) Spojka úhlová TR15, 6) Spojka úhlová TR15, 7) Spojka L TR15, 8) Spojka T TR15, 9) Spojka TR15 / TR10, 10) Přípoj přímý TR10 / G1 / 4“, 11) 15x1,5 pozink.

Obě technologie mají mazací obvody navržené tak, že zdrojem tlakového maziva je ruční mazací přístroj typu DLM s nádrží o objemu  $5 \text{ dm}^3$ . Pro vizuální kontrolu je mazací přístroj vybaven manometrem tlaku na jeho výstupu. Na vývody z tlakového přeřadovače je napojen ruční uzavírací kohout. Tento kohout umožňuje odpojení mazacího přístroje při zachování natlakovaného potrubí. Páteční rozvod nebo-li hlavní potrubí je tvořen ocelovými trubkami TR 28x4. Tyto páteční rozvody jsou spojovací a připojovací soustavou prvků, které jsou propojeny s dvoupotrubními dávkovači s regulací jmenovité dávky maziva. Dávkovače jsou opatřeny signalizačními tyčinkami pro vizuální kontrolu dávkování. Vývody dvoupotrubních dávkovačů se zavádějí přímo do jednotlivých mazacích míst ocelovými trubkami TR 10x1,5. Pohyblivé místa jsou spojeny vysokotlakými hadicemi. Mazaná místa se připojují pomocí strojírenských šroubů. [10]

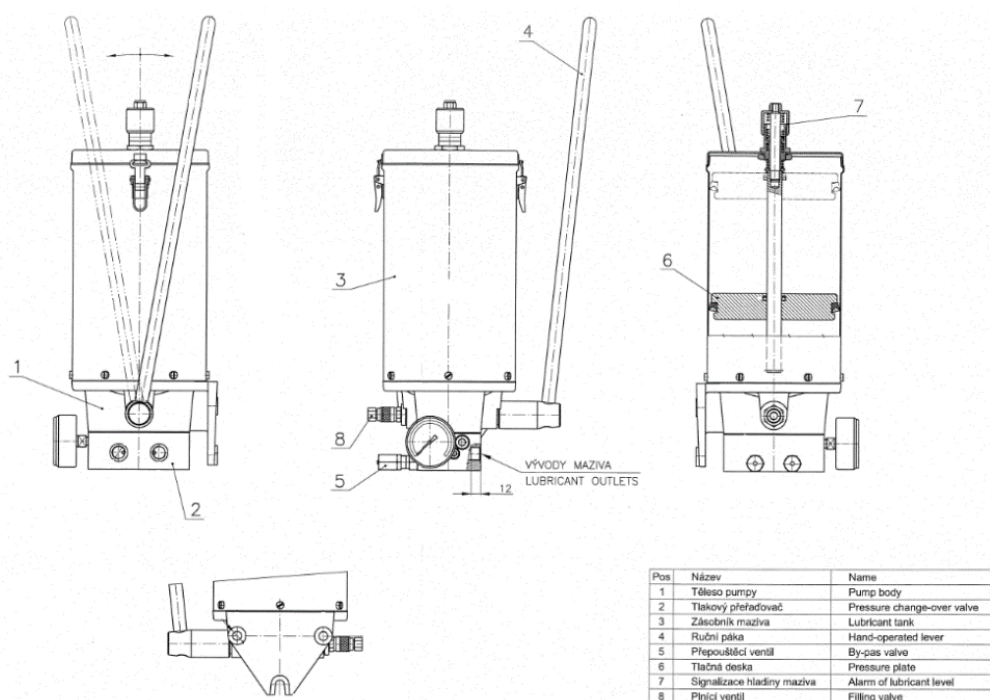
## 4.9.1 Bezpečnostní rizika

### 4.9.1.1 Ruční mazací přístroj DLM

U ručního mazacího přístroje musíme hlavně zajistit vyhovující čerpatelnost a čistotu doplňovaného maziva. Při činnosti přístroje je nutné kontrolovat dosažení pracovního tlaku v mazacím obvodu. K tomu nám slouží manometr, který indikuje snižování a zvyšování tlaku.

Při pořízení nového mazacího přístroje, zásobník maziva po vysunutí tlačného pístu, naplníme předepsaným mazivem. Odvzdušnění přístroje provádíme kýváním ruční pákou do doby, až z vývodů začne vytékat mazivo bez vzduchových bublin. Po odvzdušení, mazací přístroj připojíme na rozvodné potrubí s dávkovači.

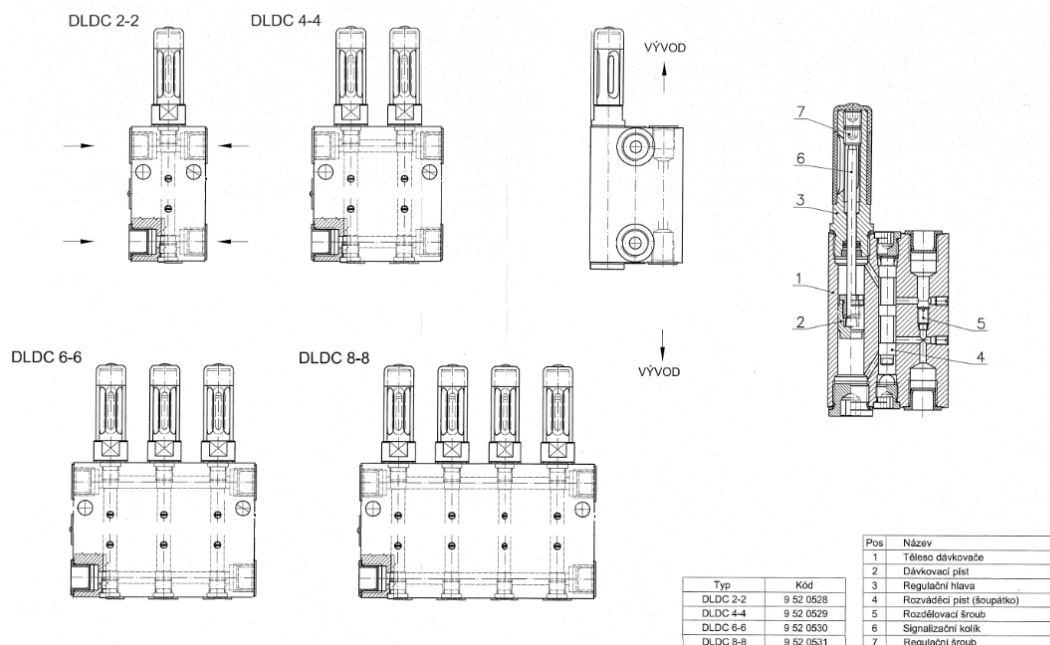
Během provozu mazací přístroj pouze doplňujeme čistým mazivem a nevyžaduje další údržbu. Mazivo doplňujeme přednostně prostřednictvím plnicího ventilu a to z důvodu čistoty maziva. Jediné, co je nutné kontrolovat, je hladina maziva v zásobníku. Při minimální hladině maziva v zásobníku hrozí nebezpečí zavzdušnění. Naopak při překročení hladiny maziva dochází k úniku. [10]



Obrázek 17 - Ruční mazací přístroj DLM [10]

#### 4.9.1.2 Dvoupotrubní dávkovač

U dvoupotrubního dávkovače provádíme vizuální kontrolu dávkování sledováním zdvihů signalizačního kolíků. V případě, kdy dojde k přemazání anebo nedomazání mazacích míst, provádíme individuální seřízení mazacích dávek pomocí regulačních šroubů. Tyto šrouby jsou umístěny v regulačních hlavách dávkovače. [10]



Obrázek 18 - Dvoupotrubní dávkovač [10]

#### 4.9.1.3 Mazací systém olej / vzduch pro brusku – mazání olejovou mlhou

U těchto systému musí být nalévací zátka uzavřená, aby neunikala olejová mlha.

Množství tlakového vzduchu, který použijeme do systému, se nastavuje regulačním ventilem na vstupu. Vstup tlakového vzduchu je nastaven v rozmezí 1 až 4 bary. Doporučená hodnota se pohybuje 2 až 3 bary a kontrolu nastavení tlakového vzduchu provádíme na příslušném manometru.

Teplotu oleje v nádrží doporučujeme nastavovat na 60°C a nastavuje se po odšroubování imbusové zátky.

Pracovní tlak pro olejové mlhy kontrolujeme na manometru a měl by být v rozmezí 50 až 75 mbar. Minimální a maximální tlak je indikován na automatické signálkami. Maximální měřená hodnota našeho manometru je pouze do 250 mbar.



Při překročení maximální tlaku nastává nebezpečí jeho zničení, protože manometr není chráněn pojistňovacím ventilem.

Množství dodávaného oleje do systému lze nastavit pomocí seřizovacím šroubem, ležící na vrchní části směšovací hlavy. Množství je nastaveno dodavatelem.

Signalizace minimální hladiny oleje v nádrží je indikován signálkou. [10]

## 5. Praktická část

V praktické části diplomové práce se budu zabývat, už jak napovídá název této práce, vlivům parametrů broušení na projev vibrací vřeteníku brusky. V této části popíšu několik měřicích systémů, druhů měření, které se využívají pro detailnější přehled brusky BBS 07. Provedu několika týdenní měření a zkusím vyřešit problém, který na této brusce nastává.

Problém této brusky spočívá s ložisky. Tyto ložiska se většinou po 3 měsících provozu rozpadaly. Proto nastávají dvě důležité otázky, které se staly hlavním cílem mé práce.

- 1) Proč a kdo nebo co může za havárii ložisek?
- 2) Navrhnout řešení k prodloužení životnosti ložisek.

Abych tyto otázky mohl zodpovědět musel jsem nashromáždit mnoho dat. Měření a sběr dat byla prováděna asi 4 měsíce, za pomoci těchto programů a druhu měření:

- Technologický informační systém (TIS).
- Veřejný informační systém (VIS).
- Pochůzkové měření diagnostiků.
- Online systém od firmy SKF.

### 5.1 Technologický informační systém TIS

Technologický informační systém TIS je trendový analytický software ActiveFactory®. Tento software zajišťuje analýzu a informace o datových zdrojích pro správce informací. [3]

Se systémem TIS můžeme sledovat až 47 různých parametrů brusky BBS – 07. Tyto parametry nám umožňují detailnější informace o dění celé brusky. V tabulce č. 1 jsem na ukázkou vypsál pár parametrů, které se dají systémem TIS sledovat.

Tabulka 1 - Ukázka sledovaných parametrů na brusce BBS – 07

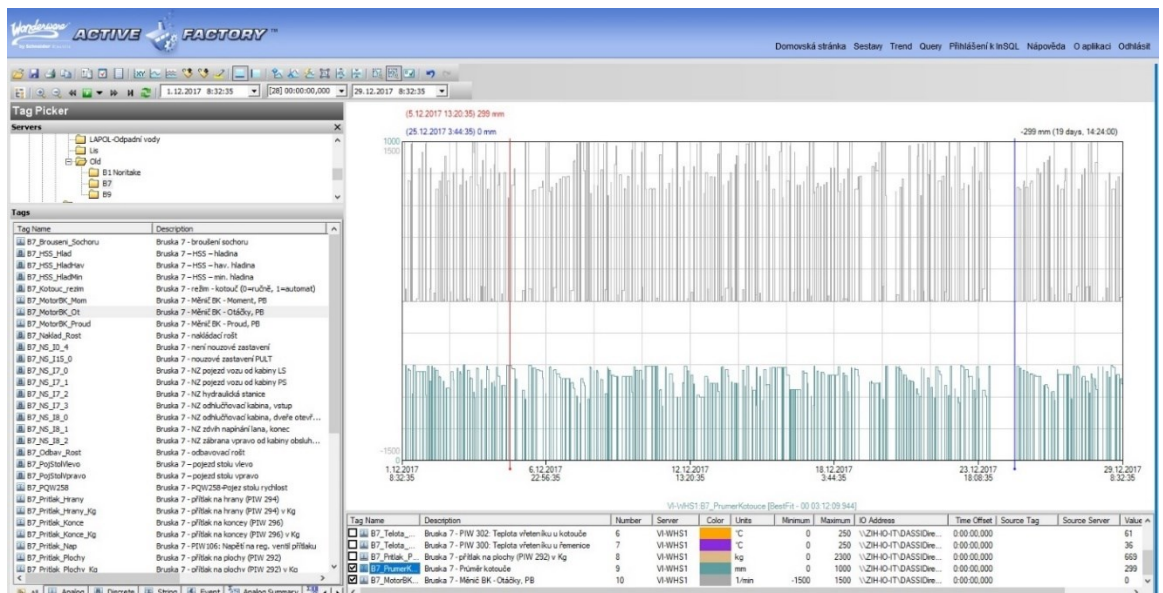
Ventilační odprášení chod	Motor BK otáčky	Motor BK proud	Nakládací rošt
Odbavovací rošt	Pojezd stolice vlevo	Pojezd stolice vpravo	Skutečný přítlak
Přítlak konce Kg	Přítlak plochy Kg	Přítlak plochy	Přítlak hrany Kg
Průměr kotouče	Režim údržba	Rychlost pojezdu stolu	Rychlost pojezdu stolu zadní
Skutečný tlak na plné ploše	Skutečný tlak na mezikruží	Teplota vřeteníku 1	Teplota vřeteníku 2

Některé tyto parametry jsou využívány a propojeny s řídicí kabinou obsluhy pro zajištění bezpečnosti provozu. Například teploty vřeteníku 1 a 2 při překročení hranici 120°C, způsobí vypnutí brusky. Obsluha může pokračovat v broušení až po snížení této teploty.

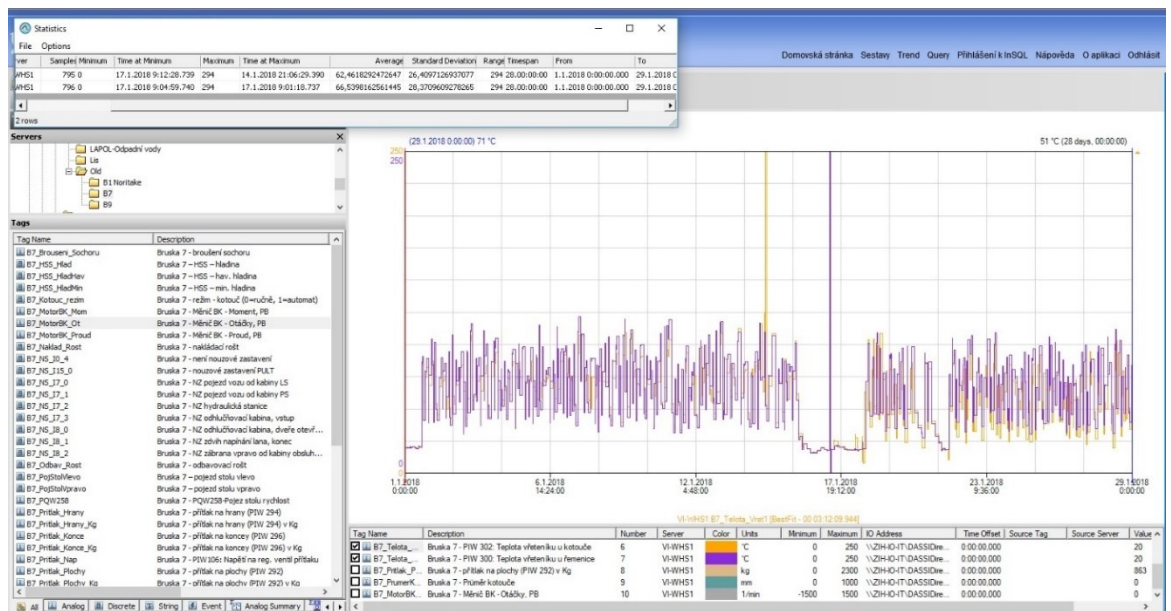
Ne všechny parametry byly pro mojí práci přínosem. Proto jsem vybral jen pár dat, které budou pro mou problematiku vhodné.

- Teplota vřeteníku u brusného kotouče.
- Teplota vřeteníku u řemenice.
- Přítlak na brusném kotouči.
- Průměr kotouče.
- Otáčky motoru

V obrázcích č. 19 a 20 jsou pro lepší představu zobrazeny ukázky ze systému TIS.



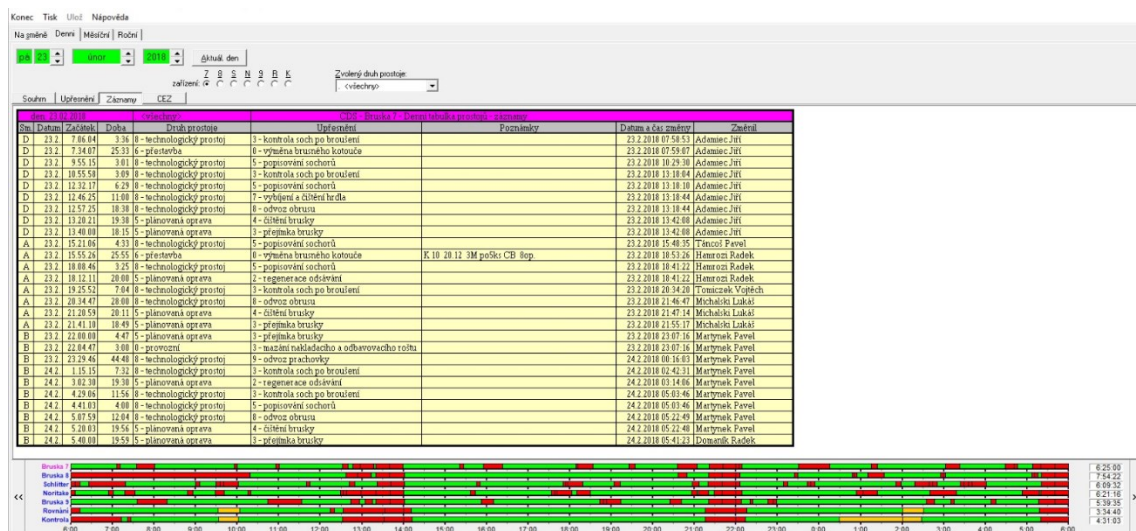
Obrázek 19 - Hodnoty průměru kotouče a otáčky motoru za prosinec 2017 [9]



Obrázek 20 - Teplota vřeteníku u řemenice a brusného kotouče [9]

## 5.2 Výrobní informační systém VIS.

Tento program umožní online sledování chodu jednotlivých agregátů v podniku. Dále umožňuje sledování plánovaných strojů, výroby a umí spouštět aplikace jednotlivých agregátů v celopodnikové síti podniku.



Obrázek 21 - Ukázka systému VIS [9]

### 5.3 Pochůzkové měření

Toto měření provádí externí diagnostici firmy. Provádějí ho jednou měsíčně anebo při mimořádných příležitostech (po opravě, po výměně součástek atd.). Postup měření brusky je následující:

- 1) Přibližně se stanoví týden v měsíci, ve kterém se provede měření.
- 2) Diagnostik se každé ráno ve stanoveném týdnu, kdy má proběhnout měření, spojí, se zodpovědnou osobou brusky BBS 07 a domluví se, jestli se v ten den bude měnit brusný kotouč. Pokud ne, vše se opakuje následující ráno. Pochůzkové měření se provádí pouze bez zatížení brusky.
- 3) Provádí se samostatné měření na brusce sochorů.
- 4) Výsledky diagnostického měření se vloží do počítače, kde se dále analyzují a archivují.
- 5) Sestavuje se protokol o měření.

Pro pochůzkové měření používají diagnostici analyzátor od firmy SKF Microlog GX - CMXA 75 a Microlog AX - CMXA 80 (obrázek č. 22).



*Obrázek 22 - Microlog GX - CMXA 75 a Microlog AX - CMXA 80 [4]*

Microlog GX – CMXA 75 je analyzátor s velmi vysokým výkonem a jedno až čtyřkanalový přenosný přístroj. Tento přístroj vydrží na jedno nabití až 8 hodin provozu. Lze ho využít pro kontroly vřeten, bumb testy, vyvažování. Nabízí také senzory teplot a tlaku atd. Pro zajímavost, cena tohoto zařízení začíná asi na 170 tisících Kč. [4]

Microlog AX – CMXA 80 je pokročilejší druh analyzátoru, který nabízí třiosé nebo čtyřkanalové měření vibrací současně. Analyzátor je vhodný pro modální analýzu, zkoušku rázem, vyvažování a atd. Informace zjištěné během měření jde snadno vidět na velkém barevném displeji a cena přístroje se pohybuje okolo 250 tisíc Kč a výše. [4]

Pro práci a vyhodnocování dat se používá software od SKF @ptitude Analyst.

Tento software od firmy SKF umožní rychlé, efektivní a spolehlivé uchovávání analýz. Dále získává komplexní informace o výrobních prostředcích. Lze ho použít podle konkrétních potřeb jako například o sběr online dat, hloubkovou analýzu vibrací, kontrolní obchůzky, sběr dat bezdemontážní diagnostiky a odborné rady. [4]

#### **5.4. Online měření**

Pro zkvalitnění a včasné zjištění změn a poruch se na brusce BBS 07 nainstaloval online systém Multilog IMx – 8. (obrázek č. 23)

Multilog IMx – 8, kromě systému pro včasné zjišťování poruch, má funkci automatických rad pro nápravu stávajících nebo hrozících situací. Tímto napomáhá zvyšovat spolehlivost, výkonnost a dostupnost rotačních zařízení.

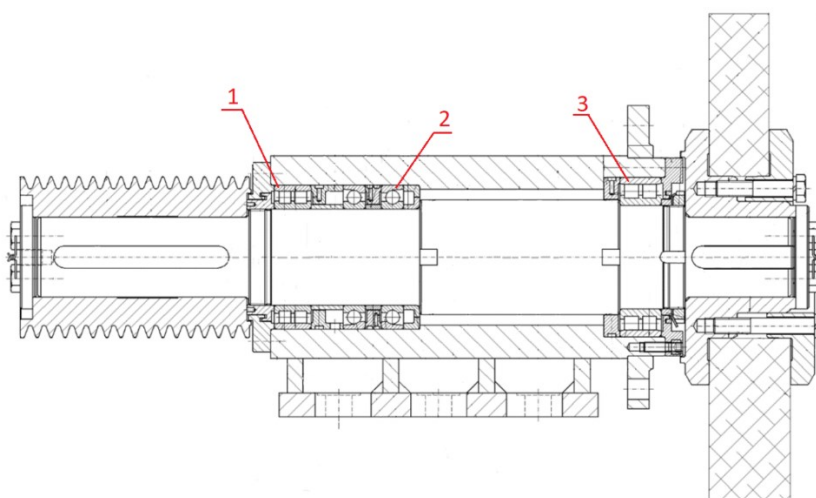
Tento online systém nabízí osm analogových a dva digitální kanály. Možnost připojení k přenosným počítačům nebo k mobilním zařízením pro monitorování a snadnou konfiguraci. Inteligentní data ze IMx – 8 o stavu stroje napomáhají proaktivně plánovat údržbu a eliminovat neplánované odstávky. Analyzátor přispívá k nižším nákladům na opravy a údržbu. Online systém se montuje do skříní s krytím IP65 pro zajištění ochrany v náročných průmyslových prostředích.



*Obrázek 23 - Multilog IMx - 8 [4]*

## **5.5. Ložiska**

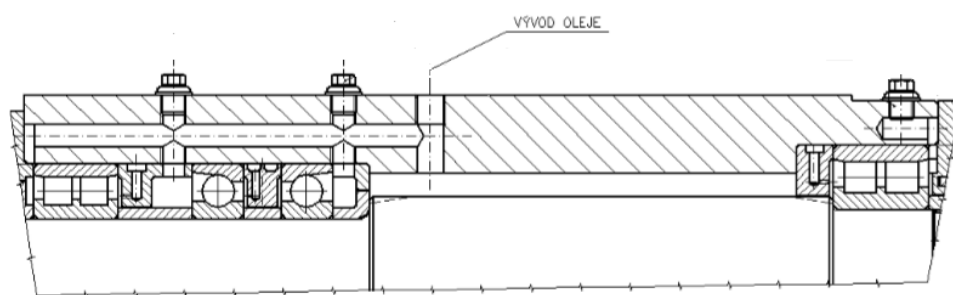
Na obrázku č. 24 je výkres vřeteníku pro rameno brusky, který je osazen třemi druhy ložisek. Ložiska č. 1 a 3 jsou ložiska dvojřadá válečkové, přesněji typ NN 3026. Ložiska č. 2 jsou kuličkové s kosoúhlým stykem od firmy SKF, typ 7026 CDGA/P4A.



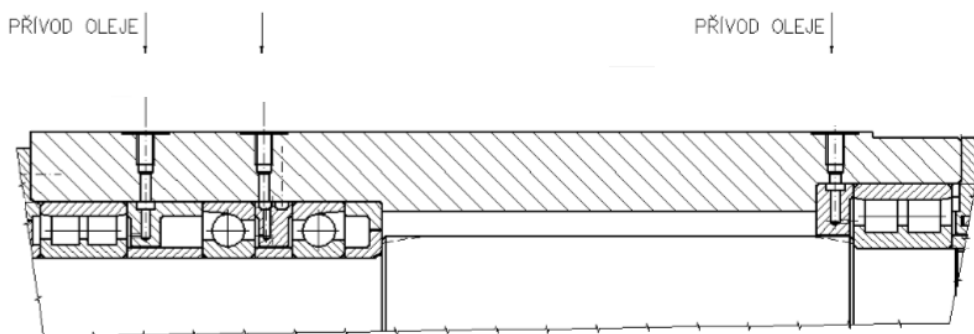
*Obrázek 24 - Vřeteník pro rameno brusky [10]*



Pro mazání ložisek je používán průmyslový olej Blasia 68. Blasia 68 je vysokotlaký převodový olej. Tento olej je na bázi syntetických základových olejů typu polyglykolového. Jsou vhodné pro valivé a kluzné ložiska používané za extrémních podmínek provozu. Vyznačuje se velmi dobrým viskozitně-teplotním chováním. Má výbornou tepelnou a oxidační stabilitu. Tento typ oleje lze provozovat dlouhodobě za provozních teplot až do asi 200°C. Na obrázcích č. 25 a č. 26 je zobrazen vývod a přívod oleje do ložisek.



*Obrázek 25 - Vývod oleje ložisek [10]*



*Obrázek 26 - Přívod oleje do ložisek [10]*



## 6. Měření a analýza dat

### 6.4. Měření a analýza vibrací Brusky BBS 07

Dne 18.10.2017 byla provedena instalace měřicí jednotky IMx – 8 na brusce BBS 07. Na vřeteníku brusky bylo nainstalováno 5 snímačů ( $100 \text{ mV/g}$ ) (viz. foto 27), 4 v radiálním směru a 1 ve směru axiálním. Po této instalaci byla vytvořena měřicí databáze v software@ptitude Observer.

#### Použité metody měření:

- Rychlost vibrací (VEL).

Toto měření se používá pro určení mechanického stavu strojů. Měří ve třech směrech a to v horizontálním, vertikálním a axiálním.

- Zrychlení vibrací (ACC).

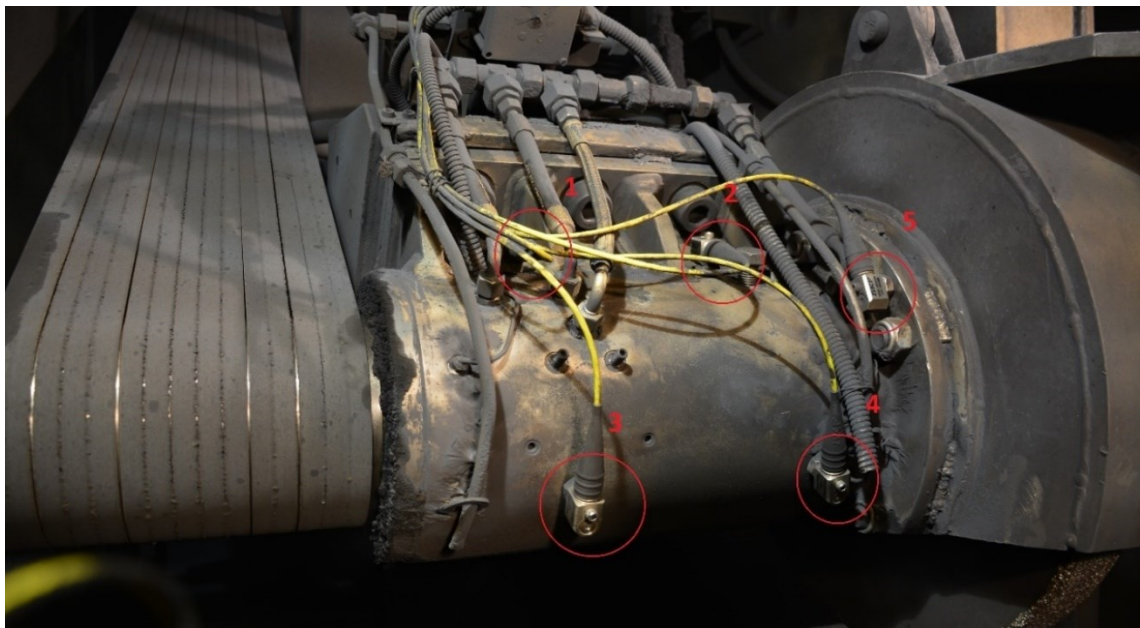
Metoda se používá pro určení mechanického stavu strojů a stavu mazání.

- Obálka signálu zrychlení (ENV).

Určena pro určení mechanického stavu strojů a stavu mazání.

- Vysokofrekvenční detekce signálu zrychlení (HFD).

U HFD je měřena sumární hodnota a má přídatný parametr pro určení stavu ložisek.



*Obrázek 27 - Rozložení snímačů na brusce  
(1. horizontální u řemenice, 2. horizontální u brusného kotouče, 3. vertikální u řemenice,  
4. vertikální u brusného kotouče, 5. axiální). [9]*

#### **6.4.1. Analýza vibrací**

##### Online snímačem multilog IMx - 8

Od počátku monitorování bylo zjištěno celkem 1389 událostí. Tyto události se zapisovali do tabulkového softwaru Excel pro další analýzy dat. Jednalo se o překročení alarmových hodnot 50 g (0 – peak). Přibližně polovina hodnot byla z důvodů uvolnění řemenice z Excelu vyjmuta.

Trendy rychlosti vibrací (příloha 1, obr 1 až 5) všech snímačů ukazují na ustálený mechanický stav přibližně do konce ledna. Vlivem uvolnění řemenice a zvýšení vůle v axiálních ložiscích dochází k pozvolnému nárůstu hodnot. Dle spekter za stejné rychlosti otáčení byla na ložisku u řemenice celková hodnota 2,5 mm/s na začátku monitorování. Před výměnou vřeteníku dosáhly hodnoty na tomto ložisku 4,0 mm/s (hodnota rychlosti na otáčkové složce). Na ložisku u brusného kotouče vzrostla hodnota 1xRPM z 1,9 mm/s na 2.4 mm/s. Výrazně vyšší byly dlouhodobě hodnoty na ložisku u řemenice. Pravděpodobně za tyto vyšší hodnoty může tuhost celé konstrukce. Hodnota se pohybovala okolo 5,5 mm/s v závěru října a do 10,3 mm/s před výměnou v březnu. (příloha 1, obr. 13 až 18).

Celkové trendy obálky signálu zrychlení jsou zobrazeny na obr. 6 až 10 přílohy 1. No ložisku u řemenice bylo na počátku měření zaznamenáno uvolnění řemenice

a to dne 25.10.2017. Následně spektra obsahovala pouze šum, avšak s pozvolným růstem celkových hodnot. Přibližně od konce ledna se ve spektrech objevuje počátek poškození BPFO (vnější kroužek) ložiska NN 3026 a příznak poškození FTF (poškození klece – vliv mazání). Přibližně od půlky února dochází vlivem uvolnění k růstu otáčkových složek 1xRPM. Měření ve vertikálním směru má stejný charakter. Na ložisku u brusného kotouče má přenos vibrací ve vertikálním směru stejný charakter. Dále na toto ložisko působí přenos vibrací z ložiska od řemenice (uvolnění a BPFO), v trendu vyšší hodnoty. V axiálním směru občasný projev uvolnění od počátku měření (možný vliv vůle v uložení axiálních ložisek). Poškození vnějšího kroužku detekováno od počátku února.

Trendy HFD ložisek vidíme na obr. 11 a 12 přílohy 1. Na ložisku od řemenice je zaznamenán v období od počátku ledna skokový nárůst hodnot a od počátků února výraznější růst z důvodu vlivu uvolněného a poškozeného ložiska.

Ve spektrech zrychlení (obr. 19 až 35) je příznak poškození ložiska od 8.února. hlavně na ložisku u řemenice. Před výměnou vřeteníku nastalo zatlumení hodnot vlivem uvolnění. U měření v axiálním směru výrazná změna charakteru spektra mezi poškozením a uvolněním.

#### Pochůzkové měření

V příloze č. 2 je na obrázku č. 1 spektrum obálky z pochůzkového měření z 12.2.2018 (červená barva). Na tomto spektru můžeme vidět porovnání s měřením z 29.1.2018 (modrá barva). Na tomto spektru lze vidět zhoršení stavu brusky sochorů. Na obrázku č. 2 přílohy je zobrazen trend životnosti brusky od počátku měření nového vřeteníku až po jeho výměnu. Velký nárůst hodnot se začínal objevovat od poloviny října. Tento nárůst byl způsoben uvolněnou řemenicí. Po opravě a správném ustavení řemenic, se hodnoty vrátili do normálu. Zhoršení stavu ložisek a vřeteníku, začínáme pozorovat od začátku února. Tento vývoj lze krásně pozorovat na obrázku č. 3 přílohy 2. ve 3-D kaskádovém diagramu.

#### **6.4.2. Analýza ložisek**

Dne 16.3.2018 proběhla výměna vřeteníku z důvodů velké vůle mezi řemenicí a hřídelí. Tento problém se během životnosti tohoto vřeteníku objevoval několikrát, ale pokaždé se to podařilo údržbou spravit až do tohoto datumu. Po výměně vřeteníku, se poškozený vřeteník převezl do zámečnických dílen, kde byl demontován.



*Obrázek 28 - Demontáž ložisek z vřeteníku [9]*

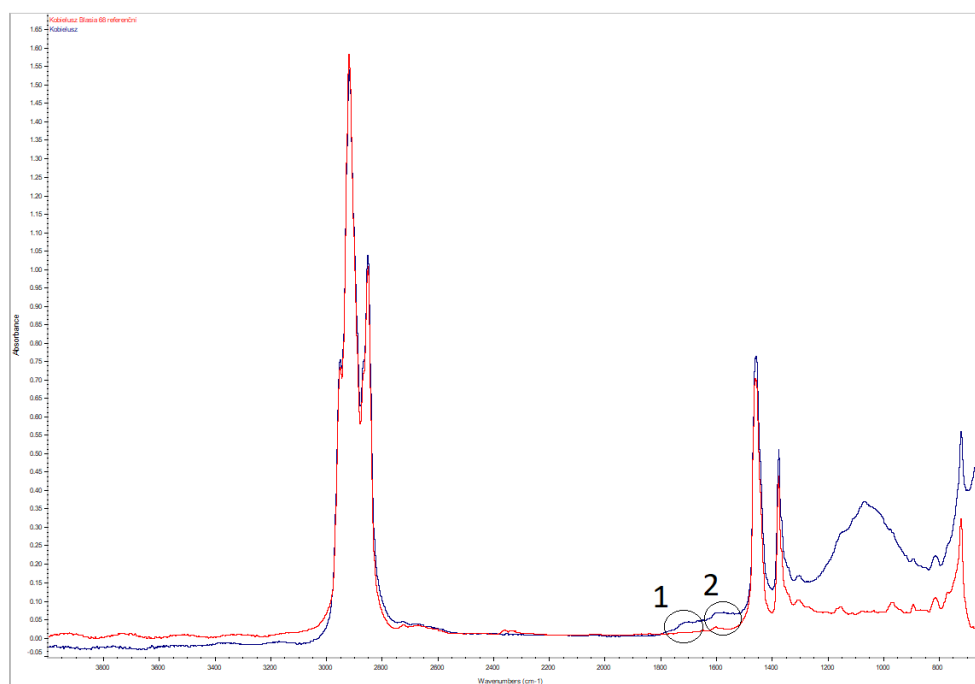
Hned po demontáži ložisek (obrázek č. 28) si nejde nevšimnout na hřídeli, i na ložiscích, stykové koroze a abrazivní stopy, které zřejmě souvisí z protáčení ložisek. Dále mě zaujalo, hlavně na válečkovém ložisku (obr. č. 31), že po obvodě oběžné dráhy je ložisko naplněno zřejmě nečistotami a degradovaným mazivem. Pro upřesnění, byl z tohoto ložiska odebrán vzorek a poslán do laboratoří VŠB k diagnostice.

Výsledky analýz odebraného maziva můžeme vidět na obr. č. 29 a 30. Na obr. č. 29 jsou nečistoty které zůstaly na filtru. Nečistoty pochází jak z opotřebovaného ložiska, ale také z nečistot, které pochází z broušení sochorů. Některé částičky měly až 6 mm. Na obr. č. 30 je spektrum z infračervené spektrometrie. Červená čára je od referenčního vzorku a modrá čára je od odebraného vzorku z ložiska. Z tohoto grafu můžu potvrdit informaci o degradaci maziva. FTIR odebraného vzorku je oproti referenčního vzorku lehce nahnutý. Toto nahnutí signalizuje degradaci maziva. Dále vidíme, že olej je z oxidován (bod č. 1 na obrázku č.30) což bylo nejspíš způsobeno vysokou teplotou v ložiscích. Na obr. č. 30, přesněji v bodě č. 2 vidíme, že v oleji dochází k nitraci oleje.



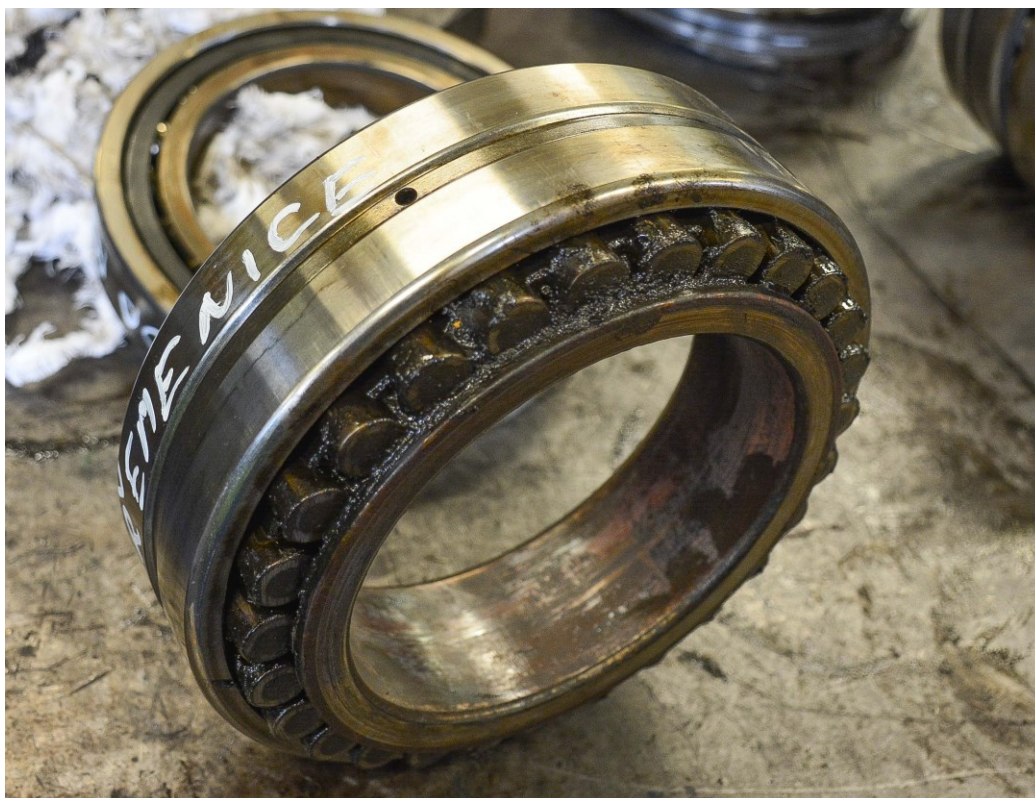


Obrázek 29 - Fotka z přefiltrování vzorku přes membránu [11]



Obrázek 30 - FTIR spektrometru odebraného a referenčního vzorku [9]

Po odebrání vzorku a lehkém očištění ložisek, se ložiska připravila k odeslání k podrobnější analýze do laboratoří firmy SKF.



*Obrázek 31 - Válečkové ložisko po demontáži [9]*

#### 6.4.2.1. Analýza válečkového ložiska NN 3026

##### *A) Ložisko od brusného kotouče*

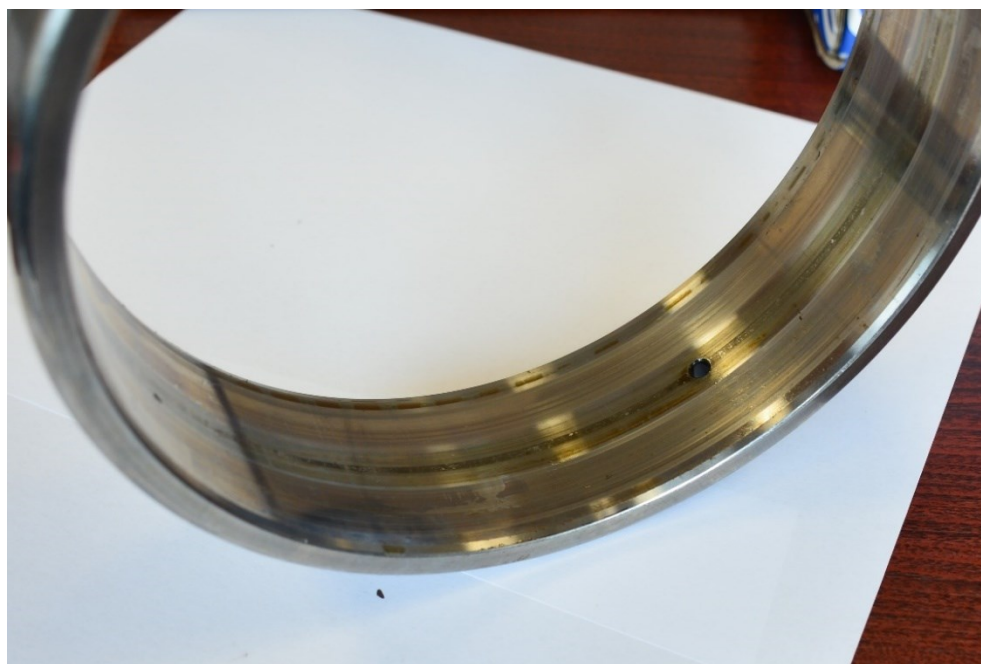
Celkový stav se dá hodnotit jako dobrý.

Vnitřní kroužek má červenohnědý odstín od rozsáhlé stykové koroze. Na povrchu jsou patrné příčné abrazivní stopy od demontáže a také obvodové abrazivní stopy od protáčení na souvisejícím dílu. Oběžné dráhy mají kovově lesklý povrch, stopy chodu jsou matné s jemnými podélnými abrazivními stopami od prokluzů valivých těles.



*Obrázek 32 - Vnitřní kroužek ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9]*

Vnější povrch vnějšího kroužku je kovově lesklý s lokálními tmavšími obvodovými stopami, počínající stykové koroze a s jemnými příčnými otěrovými stopami od demontáže. Oběžné dráhy jsou kovově lesklé s lehce nahnědlým odstínem od degradovaného maziva. Obě stopy chodu jsou dobře viditelné, mají tmavší odstín a matný povrch s podélnými abrazivními stopami od prokluzů valivých těles.



*Obrázek 33 - Vnější kroužek ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9]*



U válivých těles mají válečky kovově lesklý povrch s ostře ohraničenou stopou chodu s nahnědlým odstínem od degradovaného maziva. Na jejich povrchu jsou patrné obvodové otěrové stopy od prokluzů a malé povrchové vady od zaválcovaných nečistot.



*Obrázek 34 - Valivá tělesa ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9]*

Ve velmi dobrém stavu je masivní dvoudílná mosazná hřebínková klec. V jednotlivých okénkách nejsou patrné stopy zvýšeného mechanického opotřebení.



*Obrázek 35 - Klec ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9]*



### Souhrn analýzy ložiska NN 3026 (od řemenice):

Stav tohoto ložiska je relativně ještě dobrý. Styková koroze a obvodové abrazivní stopy ve vývrtu vnitřního kroužku ukazují na problémy s rozměrem a geometrickým tvarem čepu na hřídeli. Obvodové abrazivní stopy na oběžných drahách byly pravděpodobně způsobeny přítomností mechanických nečistot v pracovním prostoru ložiska. Jinak lze stav funkčních ploch ložiska hodnotit jako dobrý.

#### *B) Ložisko od strany řemenice*

Celkový stav ložiska od řemenice je výrazně horší v porovnání s ložiskem od brusného kotouče. Ložisko bylo částečně zablokované směsí nečistot a degradovaného maziva. Na vnějším i vnitřním povrchu jsou patrné rozsáhlé oblasti stykové koroze a abrazivního opotřebení.

Vývrt vnitřního kroužku má červenohnědý odstín od rozsáhlé stykové koroze. Na povrchu jsou patrné příčné abrazivní stopy od demontáže a také obvodové abrazivní stopy od protáčení na souvisejícím dílu. Oběžné dráhy mají matný povrch s nahnědlým odstínem. Na jedné oběžné dráze je na zhruba polovině obvodu patrné výrazné odlupování povrchové vrstvy, způsobné únavou materiálu. Z tohoto poškození oběžných drah není toto ložisko dál provozuschopné. Popsané únavové poškození oběžných drah s odlupováním povrchové vrstvy odpovídá svým charakterem únavě vznikající na povrchu.

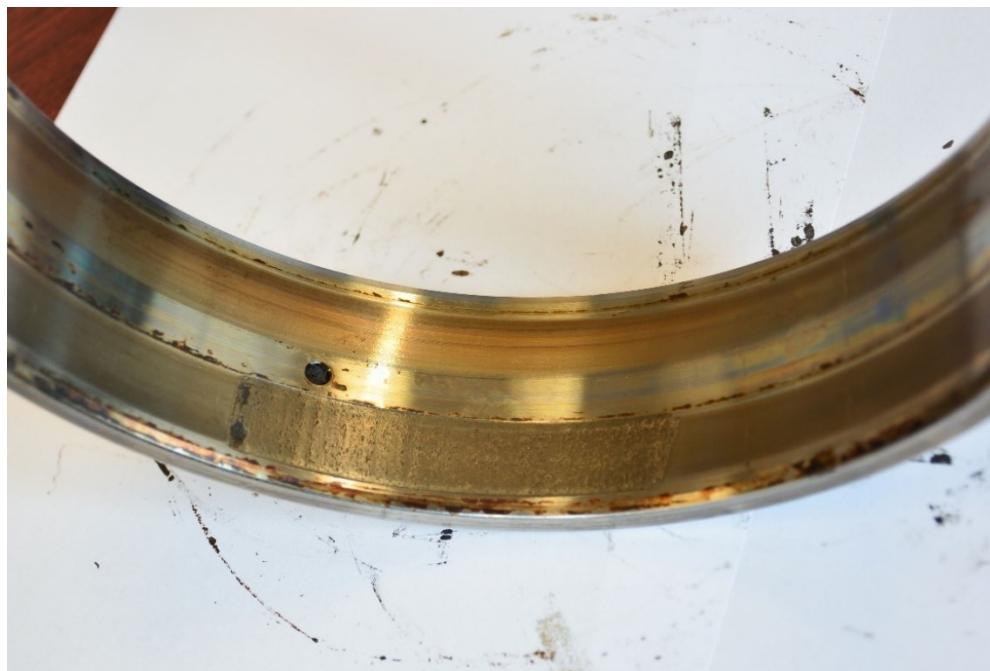


*Obrázek 36 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9]*



*Obrázek 37 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9]*

Povrch vnějšího kroužku je kovově lesklý s lokálními tmavšími obvodovými stopami počínající stykové koroze a s jemnými příčnými otěrovými stopami od demontáže. Oběžné dráhy jsou kovově lesklé s nahnědlým odstínem od degradovaného maziva. Obě stopy chodu jsou dobře viditelné, mají tmavší matný povrch a na jedné oběžné dráze je zhruba na 1/6 obvodu viditelné únavové odlupování povrchové vrstvy.



*Obrázek 38 - Oběžná dráha vnějšího kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9]*

Valivá tělesa mají matný povrch s nahnědlým odstínem od degradovaného maziva a na povrchu jsou patrné obvodové otěrové stopy od prokluzů. U několika válečků jsou viditelné stopy počínajícího únavového odlupování povrchové vrstvy, které koresponduje s poškozením na oběžných dráhách obou kroužků.

Klec je velmi dobrém stavu, v jednotlivých okénkách nejsou patrné stopy zvýšeného mechanického opotřebení.

#### Souhrn analýzy ložiska NN 3026 (od řemenice):

Toto poškození je způsobené kontaktem nerovností povrchu stykových ploch, které je obvykle zapříčiněno nedostatečným mazáním. Nedostatečné mazání může mít různé příčiny. Pokud je povrch funkčních ploch poškozen např. odvalováním přes pevné částice nečistot, mazání již není optimální a tloušťka mazivového filmu může klesnout pod kritickou hodnotu. Nedostatečné mazání se může také vyskytnout v případě, že množství nebo použitý typ maziva není vhodný pro příslušnou aplikaci a stykové plochy nejsou za provozu dostatečně odděleny. Ostré příčné ohraničení oblasti s odlupováním na vnitřním i vnějším kroužku mohlo být způsobeno statickým rázem, při kterém došlo k vtisknutí válečků do oběžných drah a oblast s odlupováním je pak omezena okraji vtisků. Uvedená rozsáhlá styková koroze ve vývrtku vnitřního kroužku a obvodové abrazivní stopy opět ukazují na problém s rozměrem a geometrickým tvarem čepu na hřídeli brusky.

#### 6.4.2.2. Analýza kuličkového ložiska 7026 CDGA

##### *A) Ložisko ze strany od brusného kotouče*

Stav funkčních ploch tohoto ložiska je relativně dobrý. Zásadním problémem je pouze výrazně probroušení vnější čelní plochy vnitřního kroužku od kontaktu s rozpěrným kroužkem.

Vývrt vnitřního kroužku je lesklý s obvodovými abrazivními stopami od protáčení na hřídeli a s obvodovou stopou stykové koroze s červenohnědým odstínem v šířce cca 14–16 mm, která polohou odpovídá zatížené zóně na oběžné dráze. Na vnější čelní ploše kroužku je patrné hluboké probroušení od protáčení vůči rozpěrnému kroužku. Oběžná dráha je kovově lesklá, stopa chodu s matným povrchem a obvodovými abrazivními stopami je široká cca 10–12 mm. Obvod oběžné dráhy na protilehlé straně stopy chodu je pokrytý tmavohnědou vrstvou degradovaného maziva s nečistotami.



*Obrázek 39 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9]*



*Obrázek 40 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9]*

Vnější povrch kroužku je kovově lesklý s lokální tmavší obvodovou stopou počínající stykové koroze, který polohou odpovídá zatížené zóně na oběžné dráze. Oběžná dráha je kovově lesklá, stopa chodu s matným povrchem a obvodovými abrazivními stopami je široká cca 6 až 10 mm. Obvod oběžné dráhy na protilehlé straně stopy chodu je opět pokrytý tmavohnědou vrstvou degradovaného maziva.





*Obrázek 41 - Vnější kroužek ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9]*

Povrch kuliček je matný s tmavým odstínem od degradovaného maziva. Na obvodu většiny kuliček jsou patrné obvodové stopy s tmavším odstínem, které odpovídají stopě chodu v místě kontaktu s kroužky ložiska za provozu.



*Obrázek 42 - Kuličky z ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9]*

Klec z fenolické pryskyřice, vyztužené bavlněnou tkaninou, je v dobrém stavu, bez výraznějšího poškození jednotlivých okének.



*Obrázek 43 - Klec z ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9]*

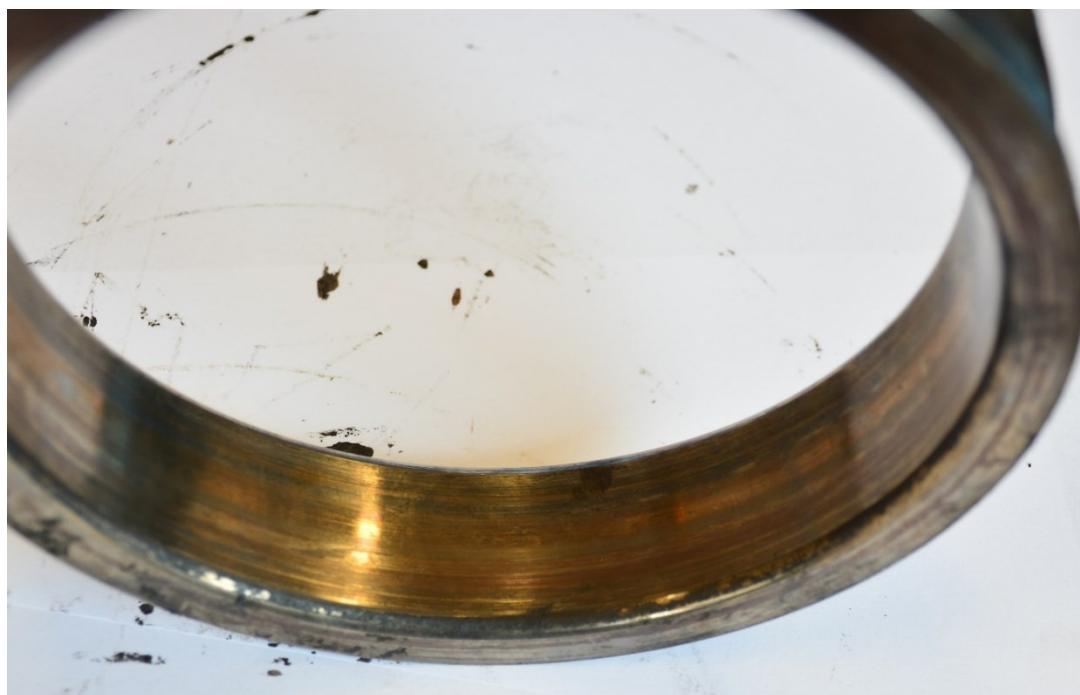
Souhrn analýzy ložiska 7026 CDGA (od brusného kotouče):

Kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem bylo v dobrém stavu. Pouze usazená vrstva degradovaného maziva s nečistotami a podélné abrazivní stopy na oběžných drahách ukazují na přítomnost mechanických nečistot v pracovním prostoru. Styková koroze ve vývrtu vnitřního kroužku a její poloha ukazují na ztrátu předpětí a posunutí stopy chodu z neutrální polohy směrem ke středu šířky kroužku. Největší problém však je výrazné abrazivní opotřebení vnějšího čela vnitřního kroužku. Vzájemným pohybem vnitřního kroužku ložiska a rozpěrného kroužku došlo pravděpodobně k výraznému úběru materiálu, což v konečném důsledku muselo ovlivnit předpětí použité dvojice těchto ložisek v uložení. Jedná se o univerzálně párovatelná ložiska s lehkým předpětím. Podmínkou dosažení předpětí ložisek v aplikaci je zajištění axiálního stažení vnitřních i vnějších kroužků. Vzhledem k faktu, že obdobné opotřebení čela vnitřního kroužku bylo identifikováno i u zadního ložiska z dvojice, muselo v konečném důsledku dojít ke ztrátě provozního předpětí a tím odlehnutí axiálně nezatíženého ložiska.

### *B) Ložisko ze strany od řemenice*

Stav zadního ložiska odpovídá provozu s vyšším zatížením v porovnání s ložiskem od brusného kotouče. Také u tohoto ložiska se vyskytoval zvýšený obsah nečistot v pracovním prostoru a došlo k výraznému abrazivnímu opotřebení jednoho čela vnitřního kroužku.

Vývrt vnitřního kroužku je matný s hnědým odstínem a s obvodovými abrazivními stopami od protáčení na hřídeli a s obvodovou tmavou stopou stykové koroze, který polohou odpovídá zatížené zóně na oběžné dráze. Na vnější čelní ploše kroužku je opět patrné hluboké probroušení od kontaktu s rozpěrným kroužkem jako u ložiska od brusného kotouče. Oběžná dráha je kovově lesklá, stopa chodu s matným povrchem, povrchovými vadami od zaválcovaných nečistot a obvodovými abrazivními stopami je široká cca 8–10 mm. Obvod oběžné dráhy na protilehlé straně stopy chodu je pokrytý tmavohnědou vrstvou degradovaného maziva.



*Obrázek 44 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9]*





*Obrázek 45 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9]*

Vnější povrch vnějšího kroužku je kovově lesklý s obvodovou tmavší stopou počínající stykové koroze, jejíž poloha koresponduje s umístěním zatížené zóny na oběžné dráze a s jemnými příčnými ošetrovými stopami od demontáže. Oběžná dráha je kovově lesklá, s menším množstvím povrchových vad od zaválcovaných nečistot. Stopa chodu s matným povrchem a obvodovými abrazivními stopami je široká asi 8–10 mm. Obvod oběžné dráhy na protilehlé straně stopy chodu je pokrytý tmavohnědou vrstvou degradovaného maziva.



*Obrázek 46 - Oběžná dráha vnějšího kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9]*

Povrch kuliček je matný s tmavým odstínem od degradovaného maziva. Na obvodu většiny kuliček jsou patrné obvodové stopy s tmavším odstínem, které odpovídají stopě chodu v míst kontraktu s oběžnými dráhami obou kroužků ložiska za provozu.





*Obrázek 47 - Válivá tělesa ložiska 7026 CDGA od řemenice [9]*

Klec je v dobrém stavu bez výraznějšího poškození jednotlivých okének.

Souhrn analýzy ložiska 7026 CDGA (od řemenice):

Kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem nese stopy vyššího provozního zatížení a stejně jako u ložiska od brusného kotouče došlo vlivem přítomnosti mechanických nečistot k abrazivnímu opotřebení funkčních ploch. Také rozsah stykové koroze a stav povrchu vývrtu vnitřního kroužku potvrzují přenos vyšších dynamických sil. Nejpodstatnějším problémem je však opět výrazné abrazivní opotřebení vnějšího čela vnitřního kroužku, které způsobilo ztrátu axiální předpětí a tím došlo k axiálnímu uvolnění hřídele.

#### **6.4.3. Analýza dalších parametrů**

Jak už bylo dříve řečeno, veškeré anomálie, které překročili alarmové hodnoty 50 g se zapisovali do tabulkového softwaru excel (obrázek č. 48). Pracovalo se s 668 hodnotami (Tyto hodnoty jsou už po odečtení anomálií způsobené povolenou řemenicí).

Číslo události	Datum	Čas	Místo	Typ	Teplota vřeteníku u řemenice [°C]	Teplota vřeteníku u brus. kotouče [°C]	Přítlak na brusném kotouči [kg]	Poloměr kotouče [mm]	Otáčky motoru [1/min]	Otáčky vřeteníku [1/min]	Směna	Typ směny
1	25.10.2017	1:54:17	L4A	ZB	102	95	821	262	1366	3415	C	N
2	25.10.2017	2:57:36	L4A	PB	88	89	791	238	1405	3512.5	C	N
3	25.10.2017	3:14:20	L4A	ZB	97	93	791	238	1463	3657.5	C	N
4	25.10.2017	10:57:42	L4A	MB	78	67	922	0	0	0	A	R
5	25.10.2017	14:37:34	L4A	ZB	93	78	931	241	1424	3560	B	O
6	25.10.2017	22:11:02	L4A	KB	59	54	693	275	1210	3025	C	N
7	26.10.2017	2:00:04	L4A, L3H, L4H	KB	85	78	839	275	1015	2537.5	C	N
8	26.10.2017	8:17:41	L4A	KB	99	95	854	258	1366	3415	D	R
9	26.10.2017	8:25:42	Vše	MB	83	88	854	0	0	0	D	R
10	26.10.2017	8:28:35	Vše	MB	72	82	854	0	0	0	D	R
11	27.10.2017	8:23:24	L4A	MB	77	81	698	0	0	0	D	R
12	27.10.2017	18:24:31	L4A	MB	102	100	671	0	0	0	A	O
13	28.10.2017	6:11:28	L4A	ZB	69	66	645	221	1376	3440	C	R
14	28.10.2017	6:49:50	L4A, L3H	ZB	97	89	648	199	1483	3707.5	C	R
15	29.10.2017	19:53:32	L4A	ZB	84	81	992	295	1015	2537.5	D	O
16	29.10.2017	23:35:50	L4A	KB	81	75	950	258	1178	2945	A	N
17	30.10.2017	2:13:59	L4A	MB	98	96	950	0	0	0	A	N
18	30.10.2017	14:40:16	L3H	ZB	92	86	875	202	1600	4000	C	O
19	30.10.2017	14:51:46	L4A	ZB	96	91	875	202	1600	4000	C	O
20	30.10.2017	16:25:52	L4A	ZB	84	78	846	202	1171	2927.5	C	O
21	30.10.2017	17:42:11	L4A	ZB	105	96	807	202	1444	3610	C	O
22	31.10.2017	1:47:41	L4A	ZB	102	97	994	209	1444	3610	D	N
23	31.10.2017	9:17:44	L4A	KB	97	94	874	201	1522	3805	B	R
24	31.10.2017	19:04:07	L4A	ZB	109	105	869	188	1600	4000	C	O
25	2.11.2017	4:07:32	L3H	KB	103	95	863	204	1522	3805	C	N
26	2.11.2017	6:59:19	L4A	KB	91	87	863	215	1444	3610	A	R
27	2.11.2017	7:02:07	L4A, L3H	ZB	92	88	863	215	1444	3610	A	R
28	2.11.2017	7:03:34	L4A	KB	91	88	863	215	1444	3610	A	R

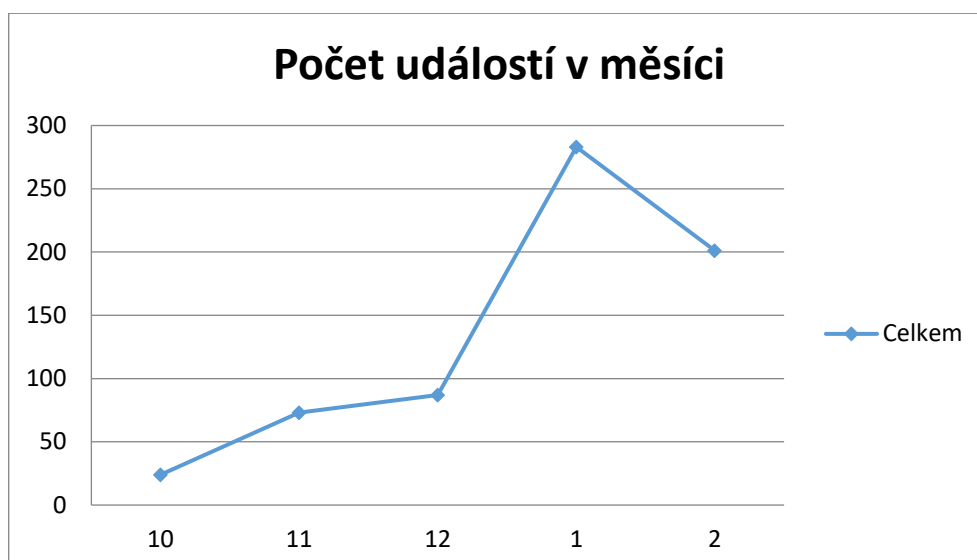
Obrázek 48 - Alarmové hodnoty v excelu [9]

Nejdříve si rozeberu první dvě položky a to datum a čas. U datumu vidím, stoupající trend v počtu událostí, což signalizuje zhoršení stavu brusky. V únoru je zaznamenán mírný pokles, což bylo způsobené ve sběru dat v daném měsíci. V únoru se pracovalo s hodnoty jen do 23.2.2018. Poté se stav vřeteníku z důvodu povolené řemenice razantně zhoršil a hodnoty, které byly určeny pro ložiska se už ztrácela a nešla rozeznat od hodnot, které způsobovala uvolněná řemenice, jinak by s největší pravděpodobností byly minimálně ve stejné výši jak hodnoty v lednu.

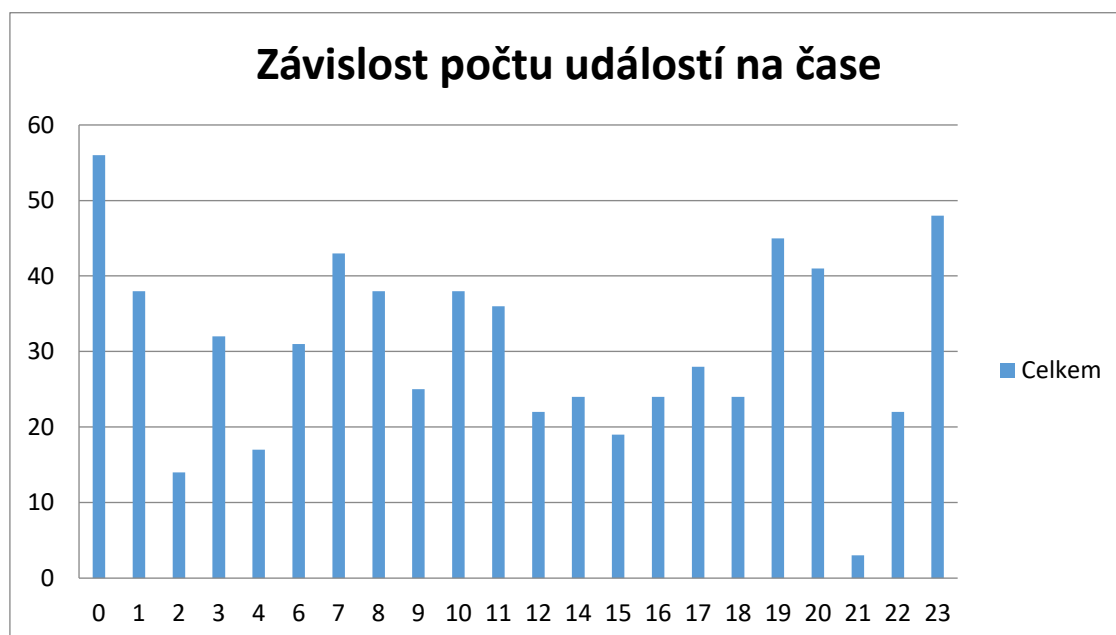
Závislost počtu událostí na čase se jeví zajímavě (obrázek č. 50). Co se týče noční směny, jde vidět nárůst hodnot mezi 23 až 24 hodinou. Na ranní směně je to od 7 do 8 hodina a 10 až 11 hodinou. U odpolední směny je to před koncem pracovní doby a to v době od 19 do 20 hodiny večerní.

Tabulka 2 - Součet událostí v daném měsíci

Měsíce	Události
10	24
11	73
12	87
1	283
2	201
<b>Celkový součet</b>	<b>668</b>



Obrázek 49 - Počet událostí v měsíci [9]

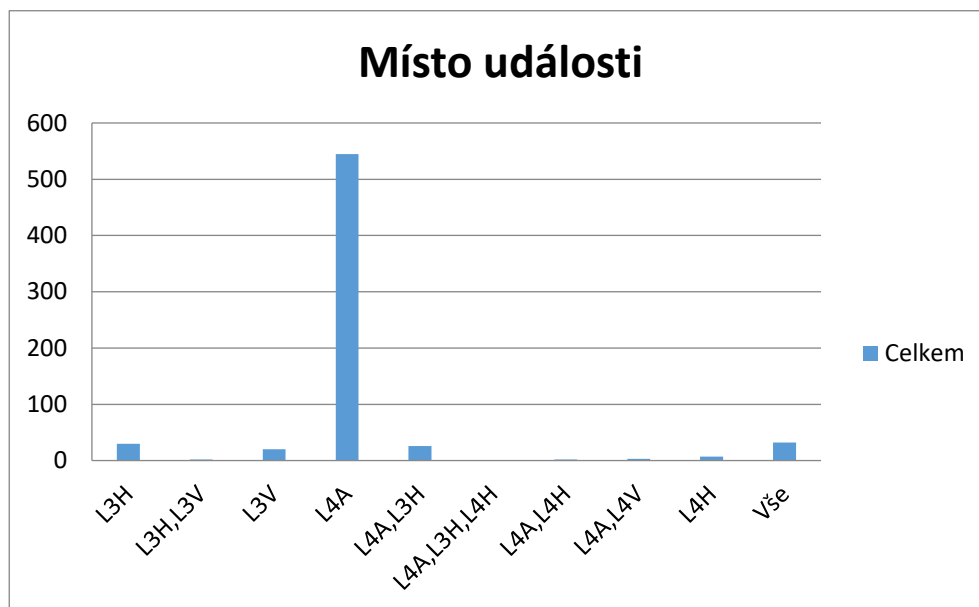


Obrázek 50 - Závislost počtu událostí na čase [9]

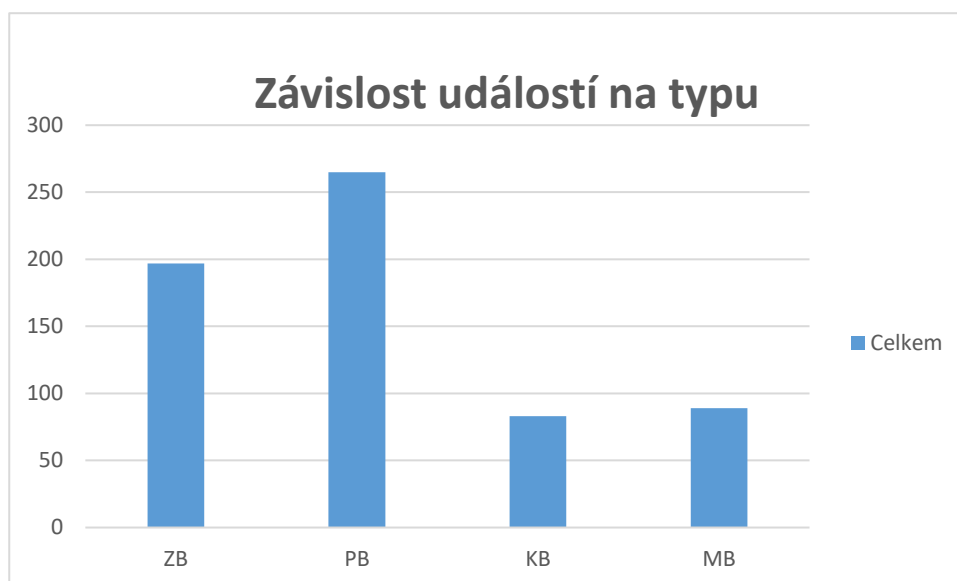
V drtivé většině alarmující hodnoty zachytilo čidlo L4A (obr. č. 51). Což je čidlo, které zachytává vibrace v axiálním směru a na naší brusce byl namontován u brusného kotouče (viz obrázek 27 číslo 5.). V ostatních případech byla bruska překročenými hodnotami zatěžována minimálně.

Nejčastěji se hodnoty překračovaly v průběhu broušení a na začátku broušení (obrázek č. 52). Na konci broušení a mimo broušení už nebylo tolik alarmujících hodnot, jak u prvních dvou zmíněných. Jako příklad ze začátku broušení můžu uvést, najíždění brusného kotouče na velmi nerovný konec nebo začátek sochoru, který je způsoben stříháním sochorů na požadovaný rozměr. U průběhu broušení je to spojeno také s nerovností každého sochoru, způsobené množstvím vad na povrchu sochoru, které je třeba obrousit. Hodnoty mimo broušení

jsou způsobovány hlavně údržbou a to převážně výměnou brusného kotouče a nebo dekádní opravou (viz tab. č. 3). Samozřejmě, že u všech čtyřech typů má menší vliv i nepozornost brusiče.



Obrázek 51 - Místo zachycené události [9]

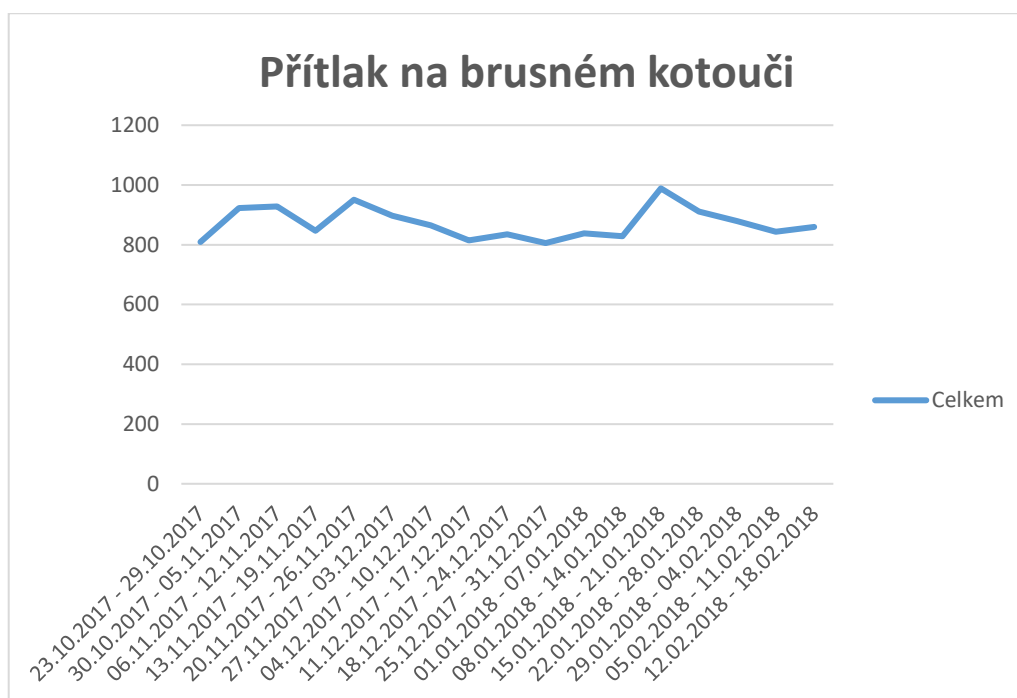


Obrázek 52 - Závislost událostí na typu [9]

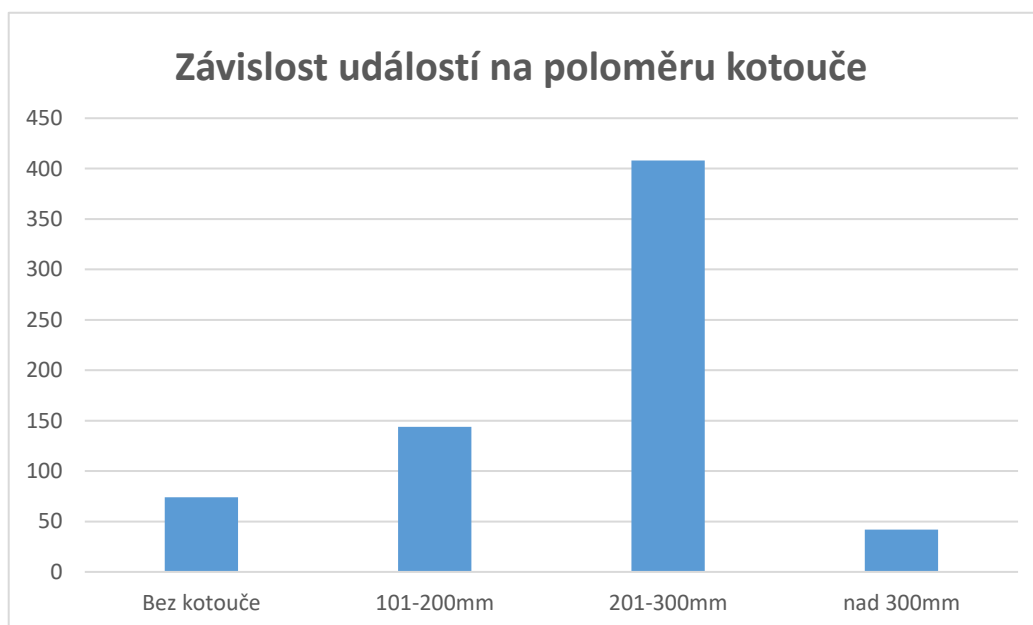
*Tabulka 3 -Hodnoty způsobené při mimo broušení*

<b>Popisky řádků</b>	<b>Počet z Starší</b>
Výměna BK	27
Dekádní oprava	11
Výměna řemenice	6
Regenerace odsávání	6
Profylaktika	5
Sundávání příruby	3
Popisování sochorů	3
Vybíjení a čištění hrdla	2
<b>Celkový součet</b>	<b>63</b>

Dalšími sloupečky excelovské tabulky patří přítlaku a poloměru kotouče. U přítlaku se neobjevilo nic zvláštního (obr. č. 53). Naopak u poloměru kotouče je zajímavá informace, že většina překročených hodnot se stala při kotouči o poloměru 201–300 mm. Nikdo nebyl schopen odpovědět proč tomu tak je. Z pozorování se můžeme domnívat, že z tak velkým kotoučem měl brusič v těžkých pracovních podmínkách, těžkou manipulaci. Párkrát se stalo, že brusný kotouč sjel ze sochoru a narazil do rámu brousicího vozu a ulomil se.

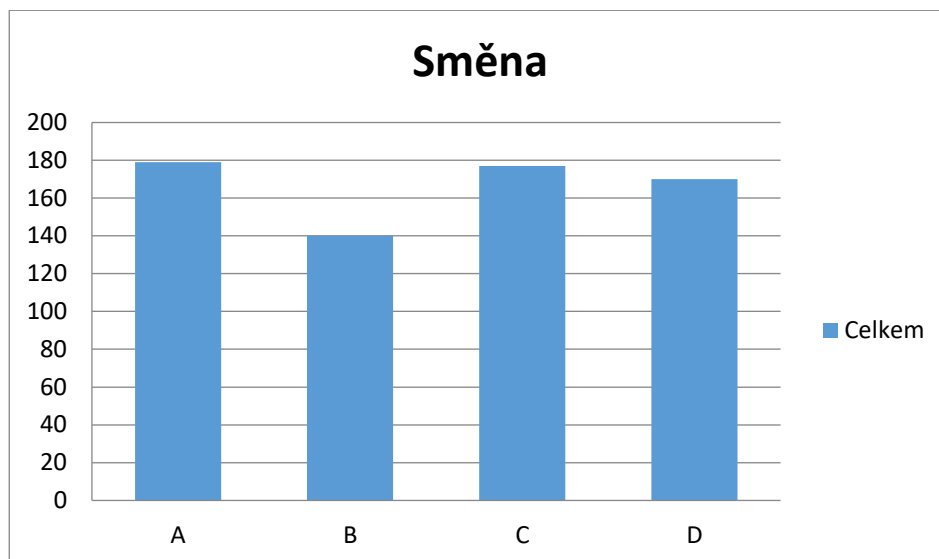


Obrázek 53 - Přítlak na brusném kotouči v průběhu měření [9]

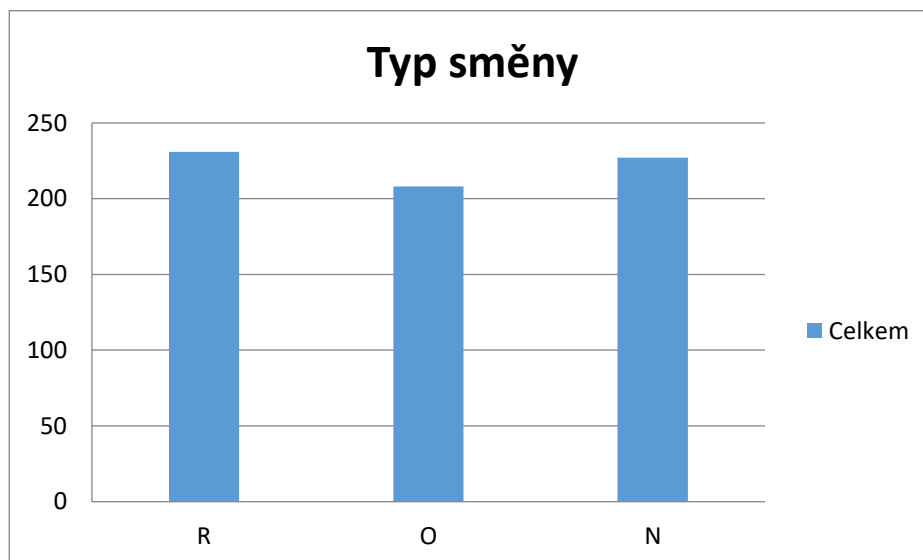


Obrázek 54 - Závislost událostí na poloměru kotouče [9]

Poslední dva parametry, které jsem analyzoval jsou směna a typ směny. Co se týče směny, tak tam jsem si dal za úkol zjistit, jestli není jedna ze čtyř směn tzv. „problematická“ anebo jsou alarmové hodnoty rovnoměrně rozdělené do všech směn. U brusky nastala druhá možnost, jak jde vidět na obr. 55. Stejně dopadla i analýza typu směn, kde žádná ze tří typů nepřevyšovala tu další (obr. 56).



Obrázek 55 - Směny [9]



Obrázek 56 - Typ směny [9]

## 7. Závěr

Obecně lze říci, že bylo zjištěno poškození ložiska, zhoršené mazání a uvolnění ložiska, které se potvrdilo při jeho rozboru.

U válečkového ložiska od řemenice došlo k poškození funkčních ploch, které by způsobilo v krátkém časovém horizontu jeho úplnou havárii. Stav zbývajících ložisek by umožňoval další provoz, nicméně silné otěrové opotřebení čel vnitřních kroužku kuličkových ložisek zapříčinilo ztrátu axiálního provozního předpětí. Pokud na hřídel působí jednostranné provozní axiální zatížení od obrábění, je přenášeno jedním z kuličkových ložisek a opačné kuličkové ložisko vlivem axiální vůle odlehne a nebude splněna podmínka minimálního zatížení. Nedostatečné axiální zatížení při vysokých otáčkách bude způsobovat prokluzu kuliček, tím bude vznikat velké ztrátové teplo a abrazivní opotřebení oběžných drah.

Popsané únavové poškození povrchů oběžných drah válečkového ložiska u řemenice je obvykle způsobeno nedostatečným mazáním. Důvodem tohoto poškození však nemusí být pouze nedostatečné množství maziva, ale také nízká viskozita oleje, který není schopen pro skutečné zatížení (statické – v daném případě od napnutí řemenů nebo dynamické od rázů za provozu) zajistit dostatečnou tloušťku mazivového filmu. Problémem může také být přítomnost mechanických nečistot v kontaktních plochách, která zvyšuje riziko vzniku únavového poškození povrchu.

Pro správnou funkci ložisek v uložení doporučuji provést následující úpravy:

- V první řadě zkontrolovat polohu vstřikovacích trysek a množství oleje vpravovaného do ložisek.
- Kontrola mazání z hlediska viskozity použitého oleje, kontrola EP přísad.
- Kontrola rozměrů a tolerancí především hřídelů a čepů.
- Snížení množství mechanických nečistot v prostoru ložisek, lepším těsněním.
- Kontrola napínací síly na řemenech, pokusit se snížit nějakou technologií počet řemenů.
- Koupit technologii nebo systém pro ustavení řemenic.
- Navrhnout a namontovat profilometr k zamezení rázů při manipulaci brusky po sochoru.
- Pro zkvalitnění dalšího měření doporučuji vyměnit snímače 100  $mV/g$  za 30  $mV/g$ .



- Zmenšení počtu a velikosti statických a dynamických rázů působících na ložiska při provozu.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Blatovi, Ph.D. za rady a odbornou pomoc při psaní diplomové práce a katedře výrobních strojů a konstruování za umožnění analýz olejů. Dále děkuji panu Ing. Leopoldovi Königovi a jeho zaměstnancům při realizaci a pomoc praktické části diplomové práce.

## Seznam použité literatury

- [1] MASLOV, Je. N. *Teorie broušení kovů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979.
- [2] KOCMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [3] Eurotherm. *Active factory* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.eurotherm.com/products/programmable-automation-controller-system/pac-software/active-factory>
- [4] SKF [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/index.html>
- [5] Uni-nářadí. In: *Bruska dvoukotoučová* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.uni-naradi.cz/bruska-dvoukotoucova-bt-bg-200>
- [6] Sorte trade. In: *Brusky* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.sortetrade.cz/nabidka-stroju/brusky/>
- [7] Strojmotiv. In: *Strojmotiv* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.strojmotiv.cz/brusky-bezhrote/bruska-bezhrota-bb-10-i1/>
- [8] Stroje Svoboda. In: *Stroje Svoboda* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.strojesvoboda.cz/katalog>
- [9] Vlastní fotografie
- [10] *Technická dokumentace: Bruska pro broušení sochorů BBS-07*. 2007.
- [11] Fotografie VŠB

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Stojanová bruska [5] .....	12
Obrázek 2 - Univerzální hrotová bruska [6] .....	12
Obrázek 3 - Bezhrotová bruska [7] .....	13
Obrázek 4 - Bruska na díry [8] .....	14
Obrázek 5 - Bruska svislá rovinná [8] .....	14
Obrázek 6 - Bruska BBS - 07 (1. Rameno brusky, 2. Vozík brusky, 3. Rám brusky) [10] .....	16
Obrázek 7 - Rameno brusky [10] .....	20
Obrázek 8 - Vůz brusky a řez vozem brusky [10] .....	20
Obrázek 9 - Mechanismus otáčení a upínání sochoru [10] .....	21
Obrázek 10 - Nakládací a vykládací část [10] .....	22
Obrázek 11 - Tlačky [10] .....	22
Obrázek 12 - zařízení pro primární odlučování prachových částic [10] .....	23
Obrázek 13 - Zařízení pro sekundární odlučování prachových částic [10] .....	24
Obrázek 14 - 65 mazaných míst [10] .....	32
Obrázek 15 - 19 mazaných míst [10] .....	33
Obrázek 16 - Mazání olejovou mlhou [10] .....	34
Obrázek 17 - Ruční mazací přístroj DLM [10] .....	35
Obrázek 18 - Dvoupotrubní dávkovač [10] .....	36
Obrázek 19 - Hodnoty průměru kotouče a otáčky motoru za prosinec 2017 [9] .....	40
Obrázek 20 - Teplota vřeteníku u řemenice a brusného kotouče [9] .....	40
Obrázek 21 - Ukázka systému VIS [9] .....	41

Obrázek 22 - Microlog GX - CMXA 75 a Microlog AX - CMXA 80 [4] .....	42
Obrázek 23 - Multilog IMx - 8 [4] .....	43
Obrázek 24 - Vřeteník pro rameno brusky [10] .....	43
Obrázek 25 - Vývod oleje ložisek [10] .....	44
Obrázek 26 - Přívod oleje do ložisek [10] .....	44
Obrázek 27 - Rozložení snímačů na brusce (1. horizontální u řemenice, 2. horizontální u brusného kotouče, 3. vertikální u řemenice, 4. vertikální u brusného kotouče, 5. axiální). [9] .....	46
Obrázek 28 - Demontáž ložisek z vřeteníku [9] .....	48
Obrázek 29 - Fotka z přefiltrování vzorku přes membránu [11] .....	49
Obrázek 30 - FTIR spektrometru odebraného a referenčního vzorku [9] .....	49
Obrázek 31 - Válečkové ložisko po demontáži [9] .....	50
Obrázek 32 - Vnitřní kroužek ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9] .....	51
Obrázek 33 - Vnější kroužek ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9] .....	51
Obrázek 34 - Valivá tělesa ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9] .....	52
Obrázek 35 - Klec ložiska NN 3026 od brusného kotouče [9] .....	52
Obrázek 36 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9] .....	53
Obrázek 37 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9] .....	54
Obrázek 38 - Oběžná dráha vnějšího kroužku ložiska NN 3026 od řemenice [9] .....	54
Obrázek 39 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9] .....	56
Obrázek 40 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9] .....	56
Obrázek 41 - Vnější kroužek ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9] .....	57
Obrázek 42 - Kuličky z ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9] .....	57
Obrázek 43 - Klec z ložiska 7026 CDGA od brusného kotouče [9] .....	58

Obrázek 44 - Vývrt vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9] .....	59
Obrázek 45 - Oběžná dráha vnitřního kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9] .....	60
Obrázek 46 - Oběžná dráha vnějšího kroužku ložiska 7026 CDGA od řemenice [9] .....	60
Obrázek 47 - Válivá tělesa ložiska 7026 CDGA od řemenice [9] .....	61
Obrázek 48 - Alarmové hodnoty v excelu [9] .....	62
Obrázek 49 - Počet událostí v měsíci [9] .....	63
Obrázek 50 - Závislost počtu událostí na čase [9] .....	63
Obrázek 51 - Místo zachycené události [9] .....	64
Obrázek 52 - Závislost událostí na typu [9] .....	64
Obrázek 53 - Přítlak na brusném kotouči v průběhu měření [9] .....	66
Obrázek 54 - Závislost událostí na poloměru kotouče [9] .....	66
Obrázek 55 - Směny [9] .....	67
Obrázek 56 - Typ směn [9] .....	67

## Seznam tabulek

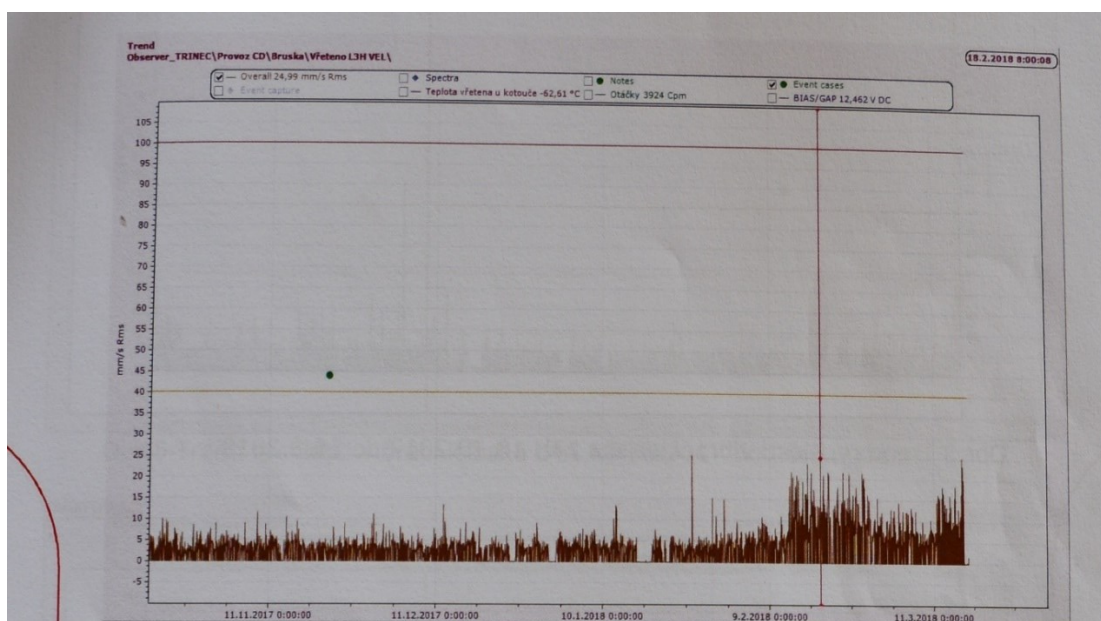
Tabulka 1 - Ukázka sledovaných parametrů na brusce BBS – 07 .....	39
Tabulka 2 - Součet událostí v daném měsíci .....	62
Tabulka 3 -Hodnoty způsobené při mimo broušení .....	65

## Seznam příloh

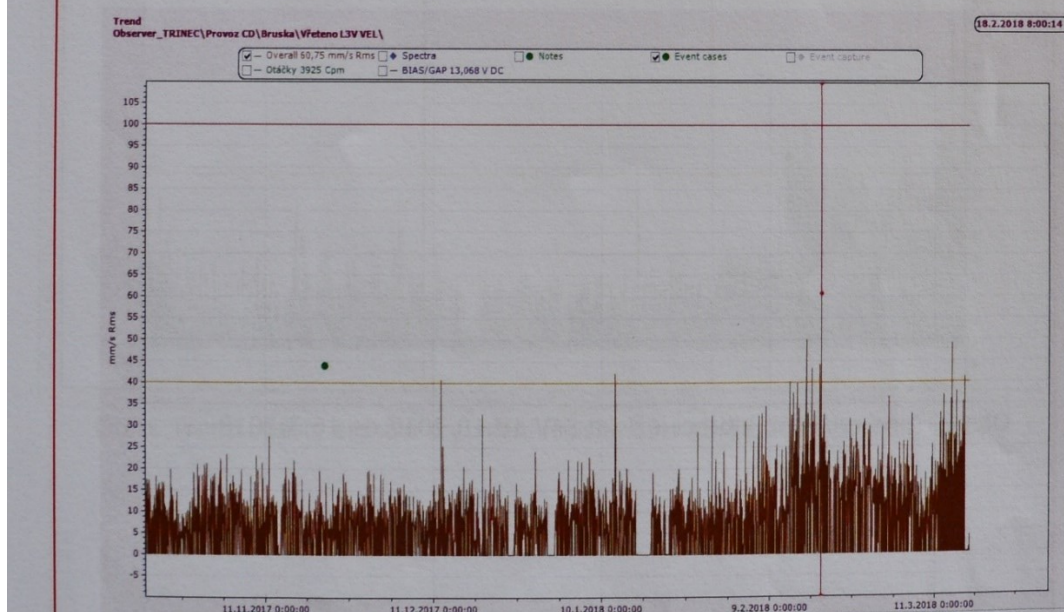
Příloha 1 - Trendy a spektra z online měření .....	75
Příloha 2 - Trendy a spektra z pochůzkového měření .....	90

## Přílohy

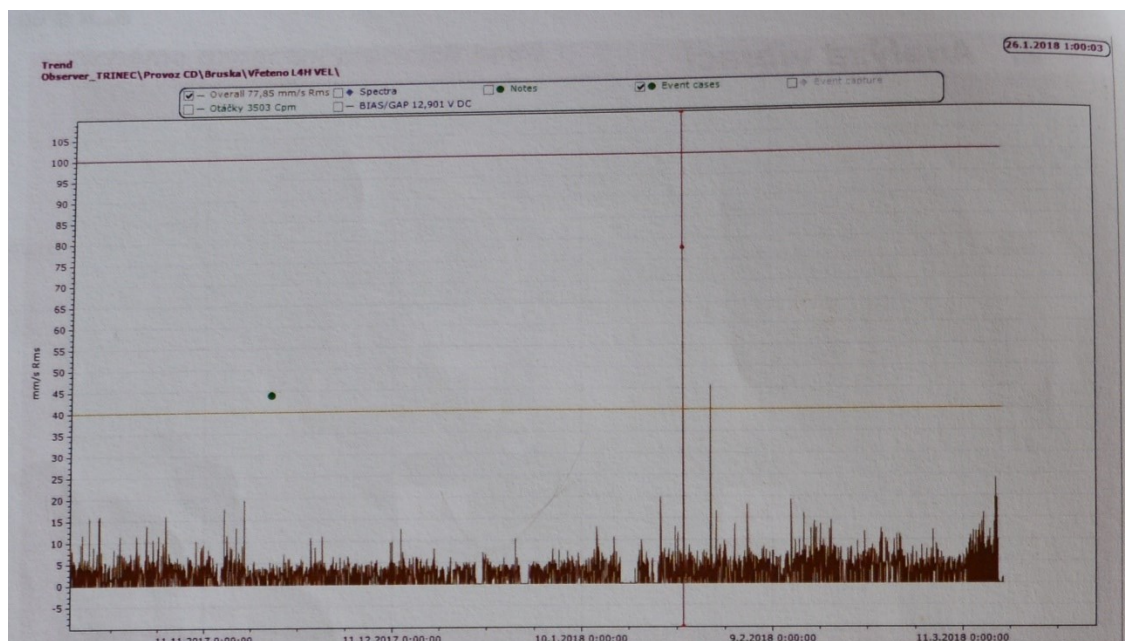
### Příloha 1 - Trendy a spektra z online měření.



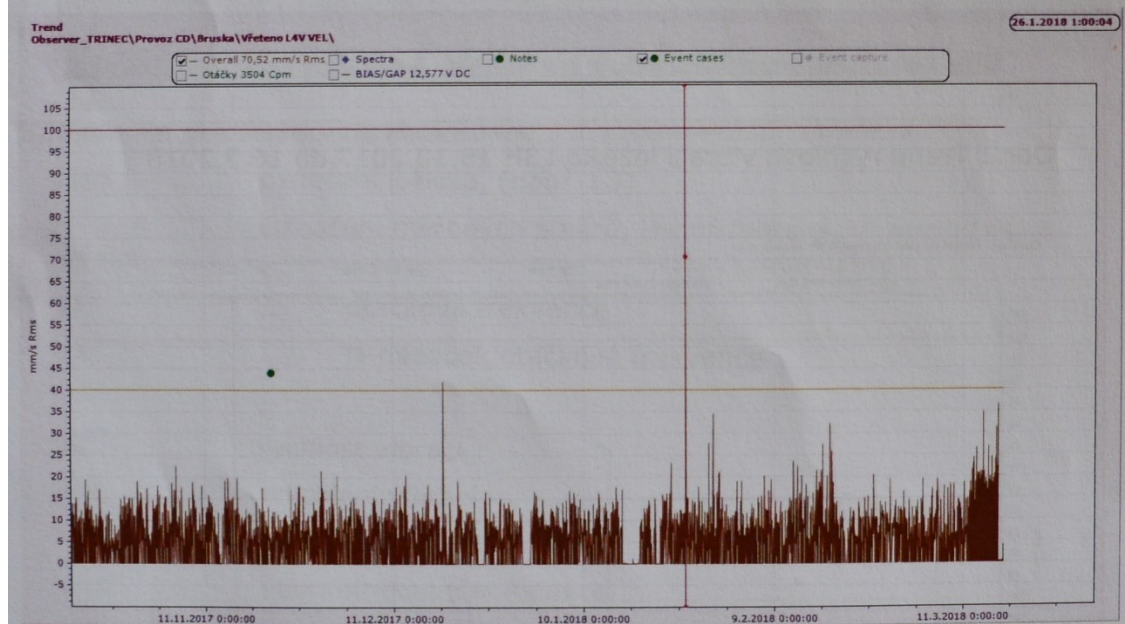
Obr.1 Trend rychlosti vibrací ložiska L3H 18.10.2017 do 16.3.2018



Obr.2 Trend rychlosti vibrací ložiska L3V 18.10.2017 do 16.3.2018

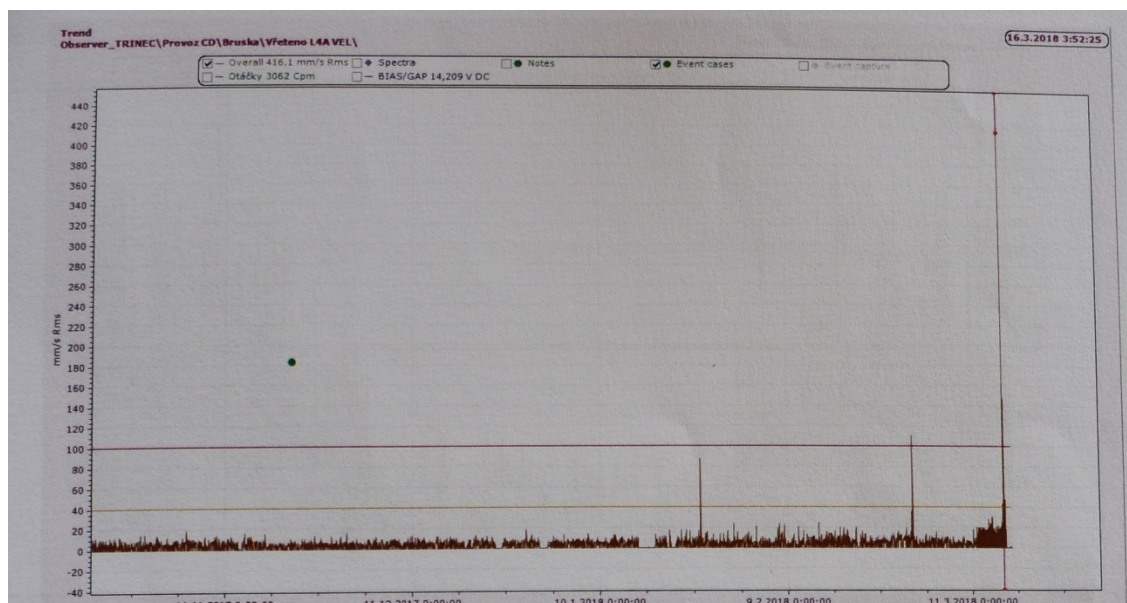


Obr.3 Trend rychlosti vibrací ložiska L4H 18.10.2017 do 16.3.2018

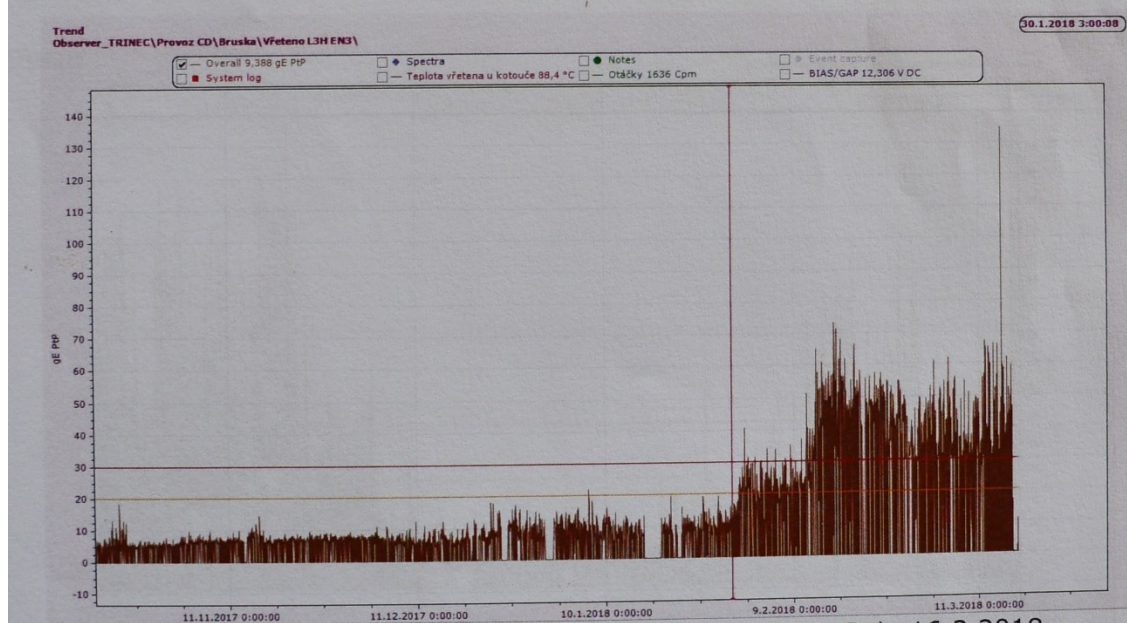


Obr.4 Trend rychlosti vibrací ložiska L4V 18.10.2017 do 16.3.2018

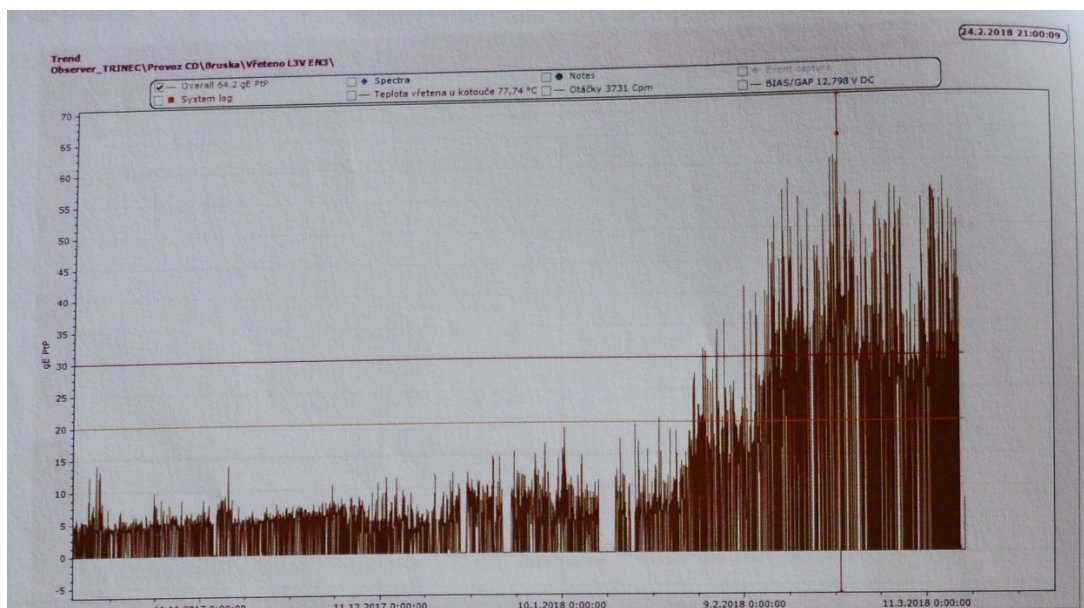




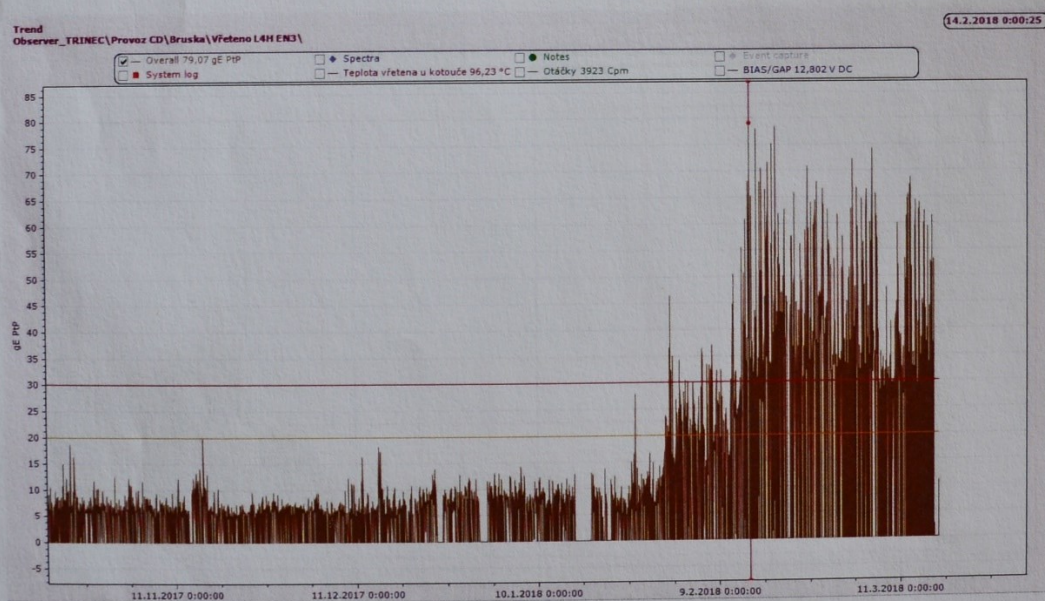
Obr.5 Trend rychlosti vibrací ložiska L4A 18.10.2017 do 16.3.2018



Obr.6 Trend obálky signálu zrychlení ložiska L3H 18.10.2017 do 16.3.2018

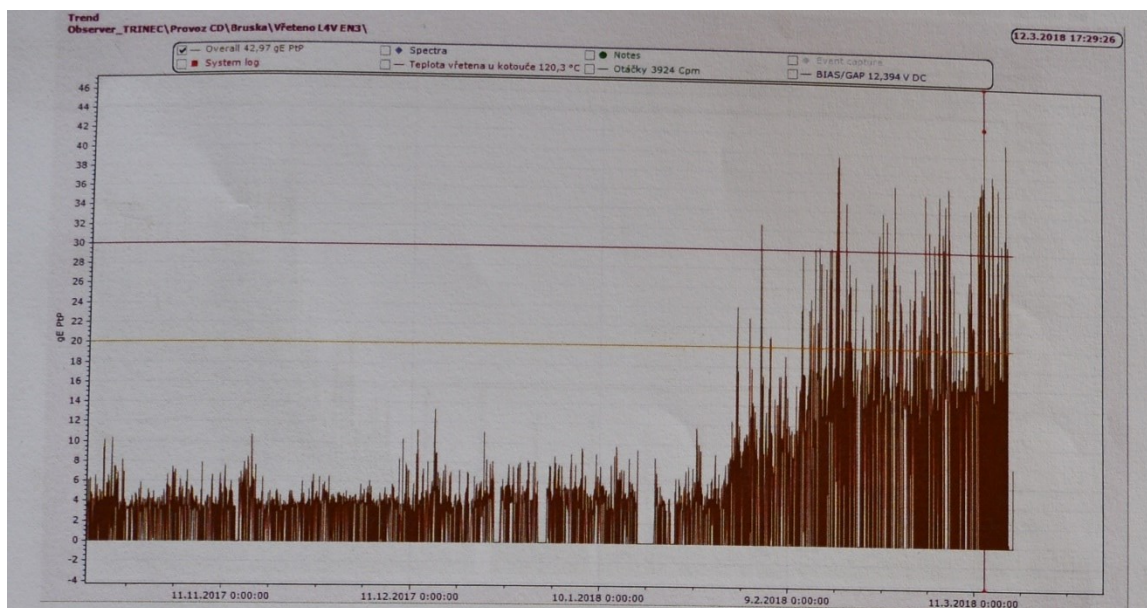


Obr.7 Trend obálky signálu zrychlení ložiska L3V 18.10.2017 do 16.3.2018

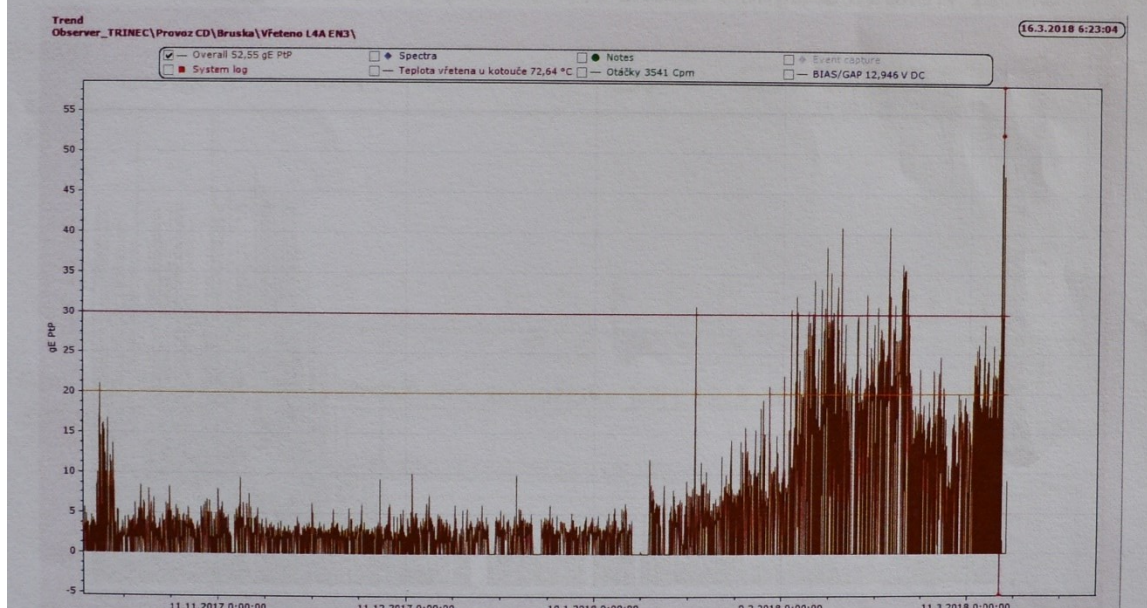


Obr.8 Trend obálky signálu zrychlení ložiska L4H 18.10.2017 do 16.3.2018

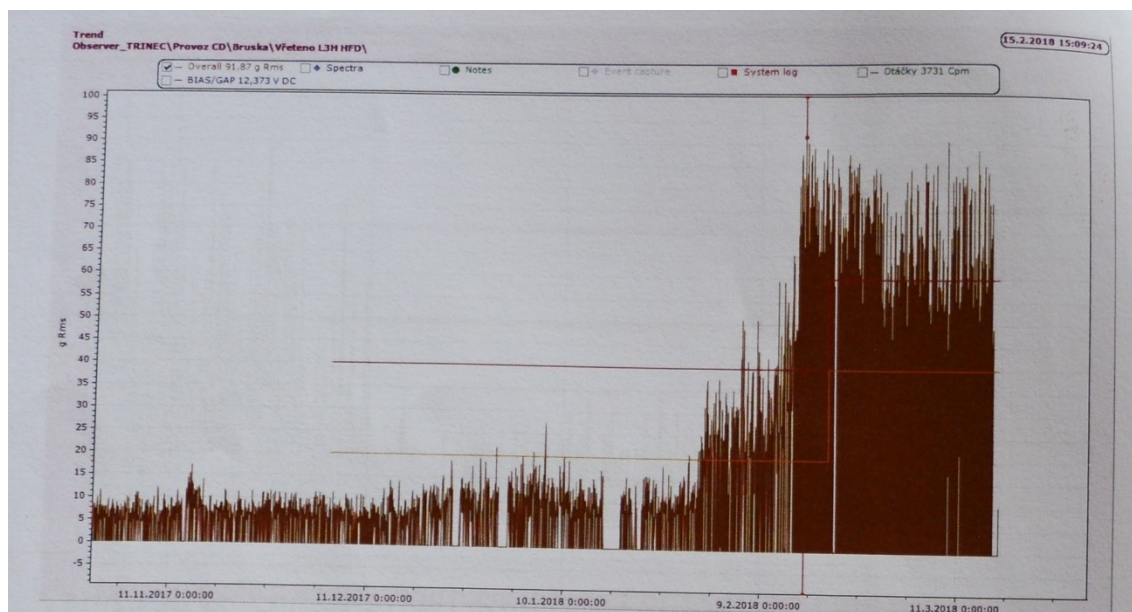




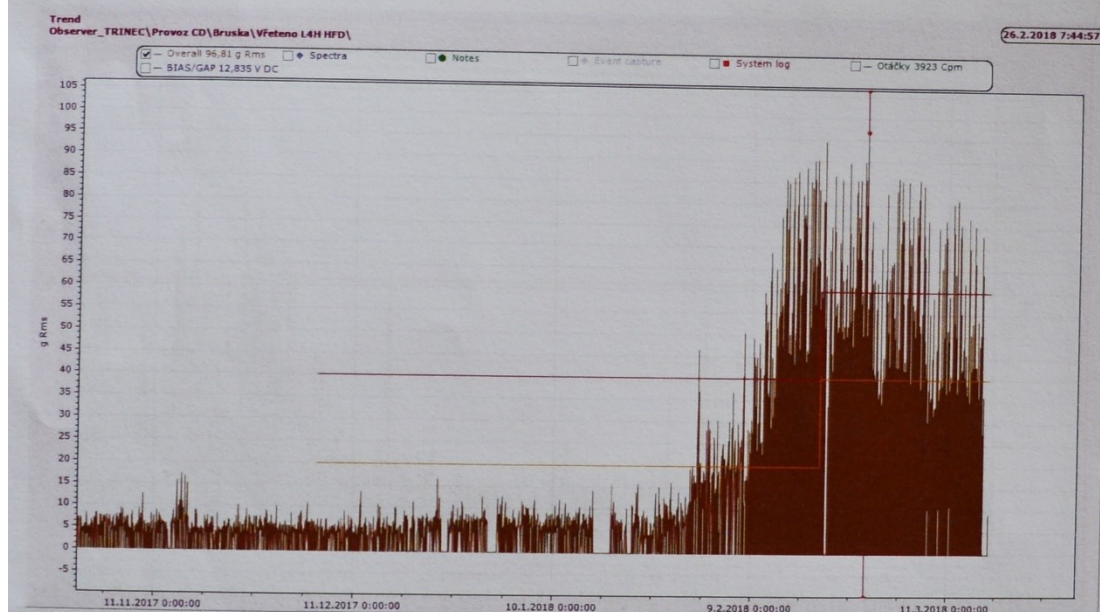
Obr.9 Trend obálky signálu zrychlení ložiska L4V 18.10.2017 do 16.3.2018



Obr.10 Trend obálky signálu zrychlení ložiska L4A 18.10.2017 do 16.3.2018

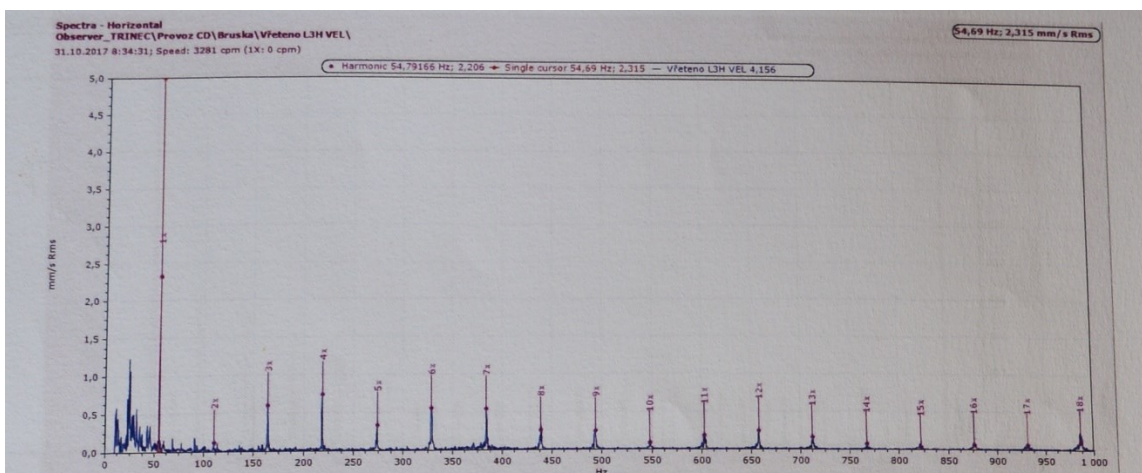


Obr.11 Trend HFD signálu ložiska L3H 18.10.2017 do 16.3.2018

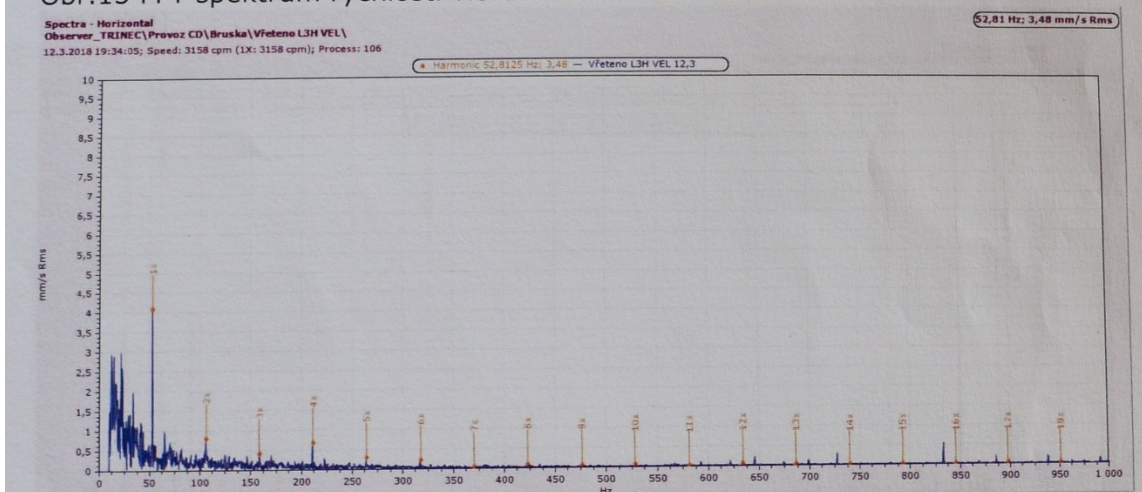


Obr.12 Trend HFD signálu ložiska L4H 18.10.2017 do 16.3.2018

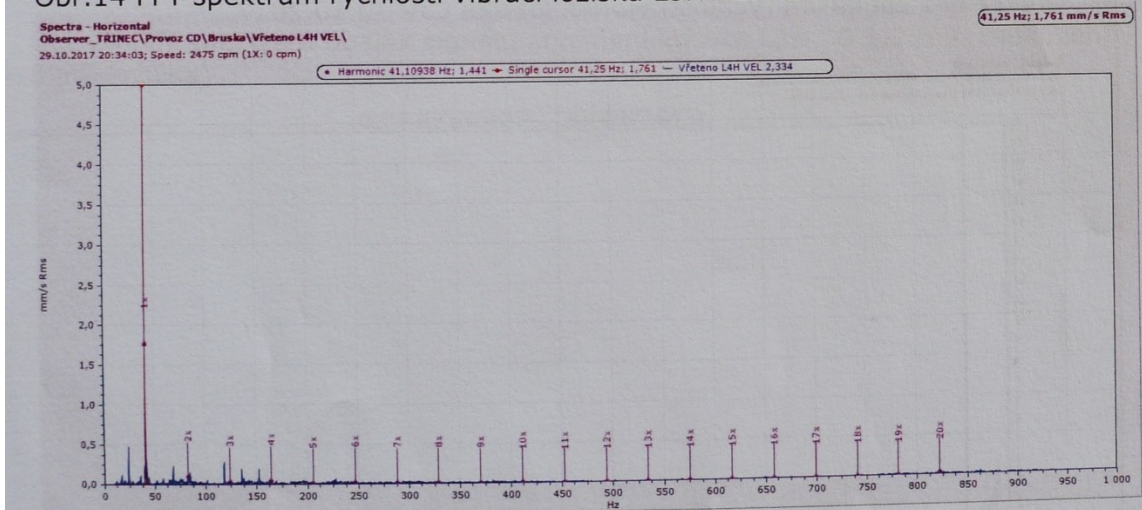




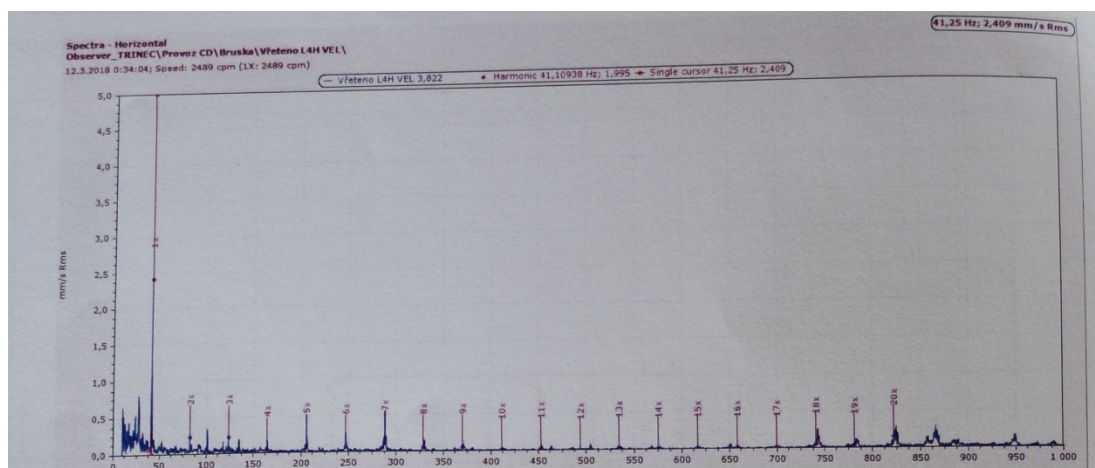
Obr.13 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L3H 31.10.2017



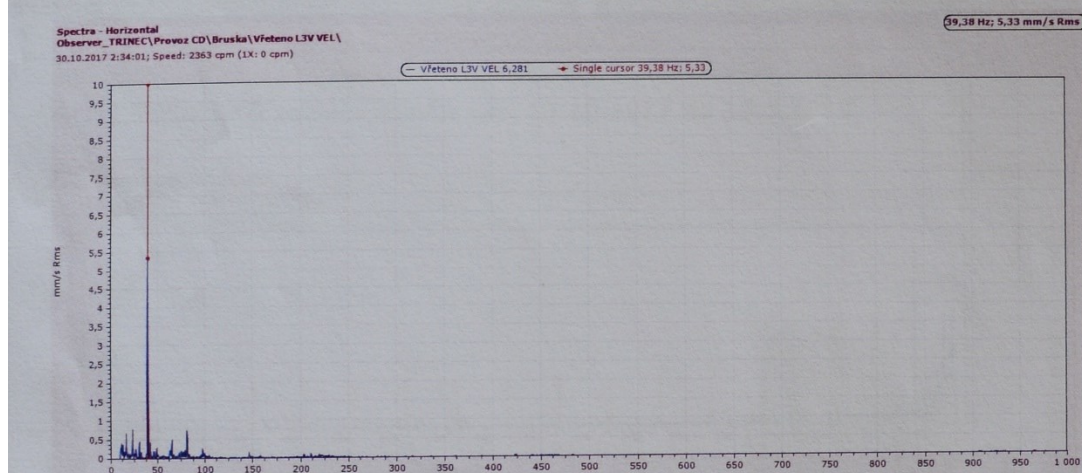
Obr.14 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L3H 12.3.2018



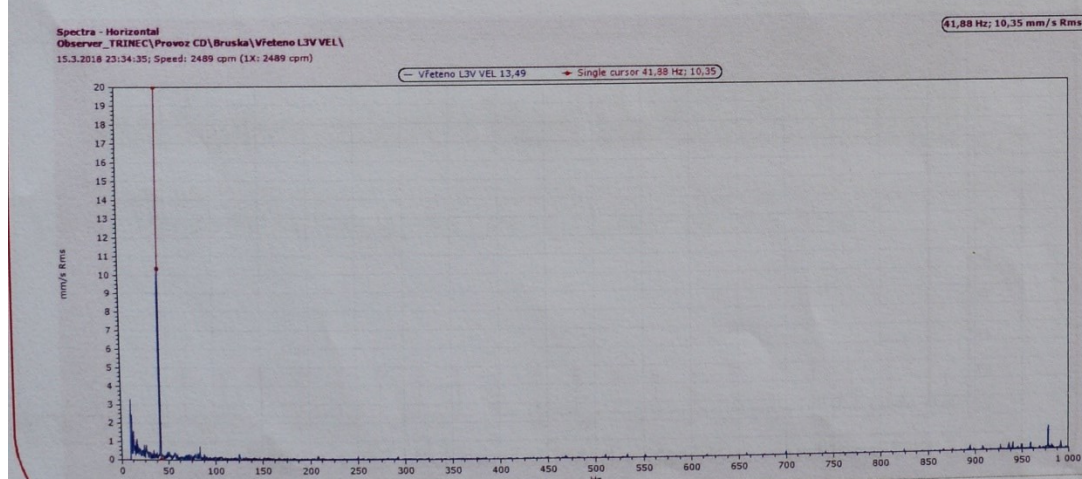
Obr.15 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L4H 29.10.2017



Obr.16 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L4H 12.3.2018

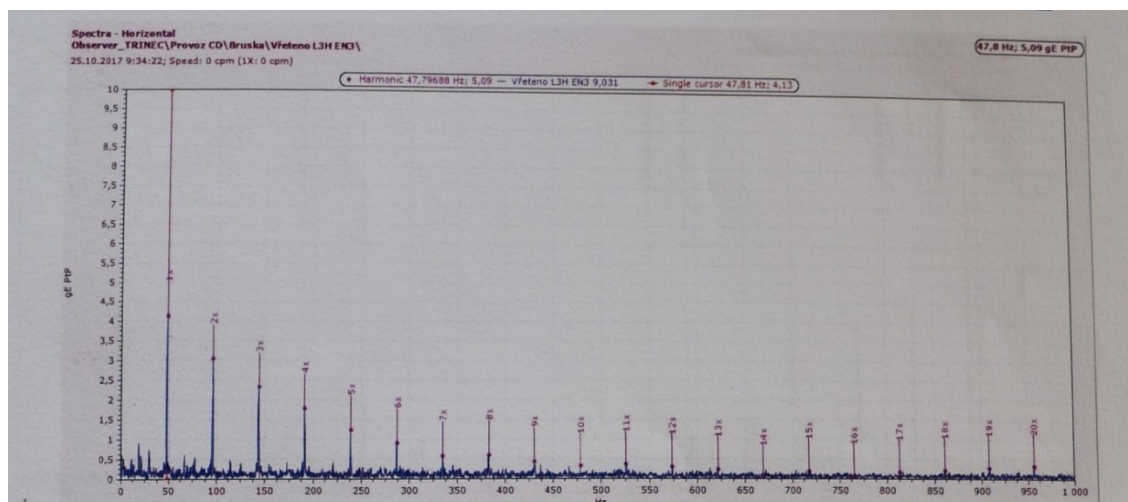


Obr.17 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L3V 30.10.2017

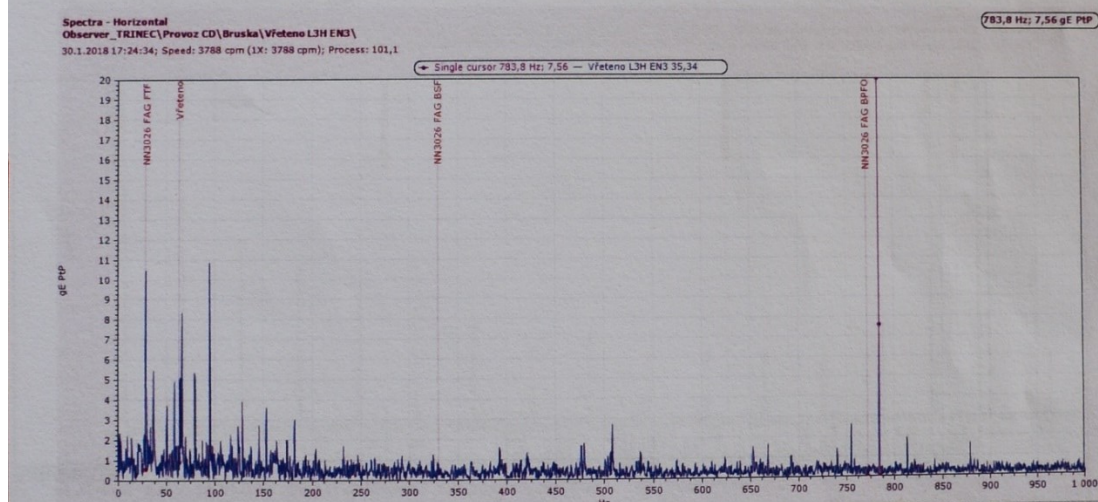


Obr.18 FFT spektrum rychlosti vibrací ložiska L3V 15.3.2018

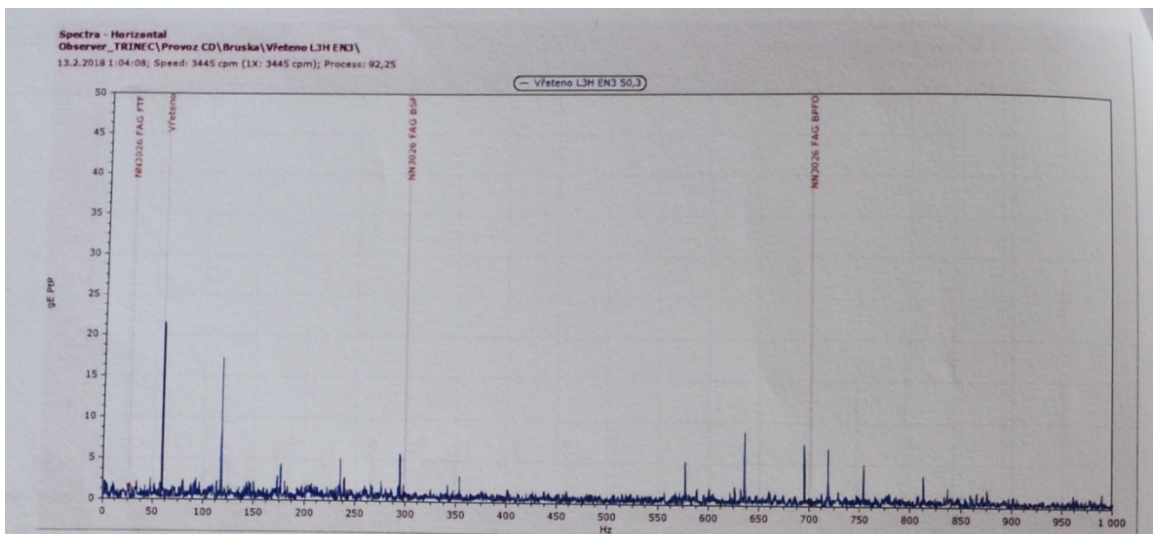




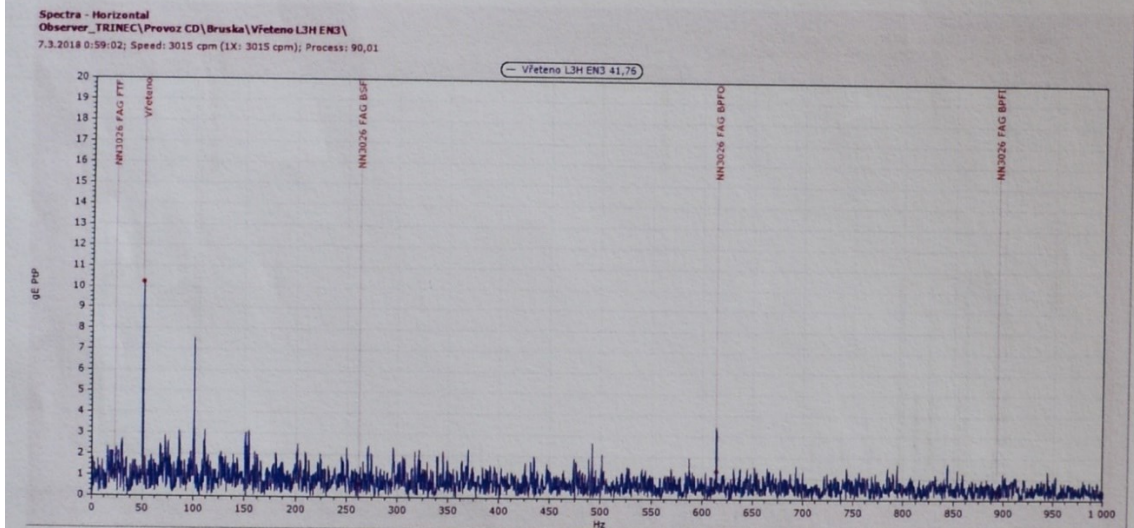
Obr.19 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L3H 25.10.2017 (uvolnění řemenice)



Obr.20 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L3H 30.1.2018 (poškození BPFO ložiska)

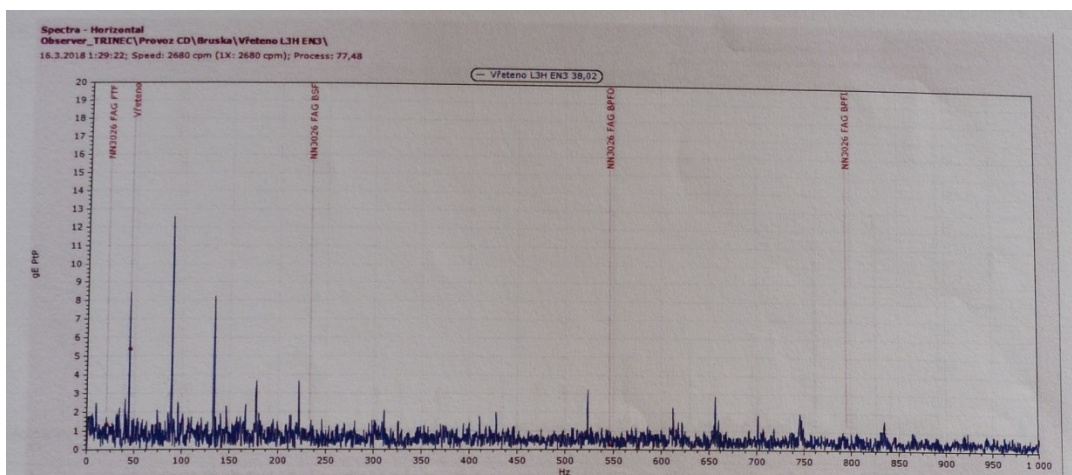


Obr.21 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L3H 13.2.2018 ( uvolnění + poškození BPFO ložiska)

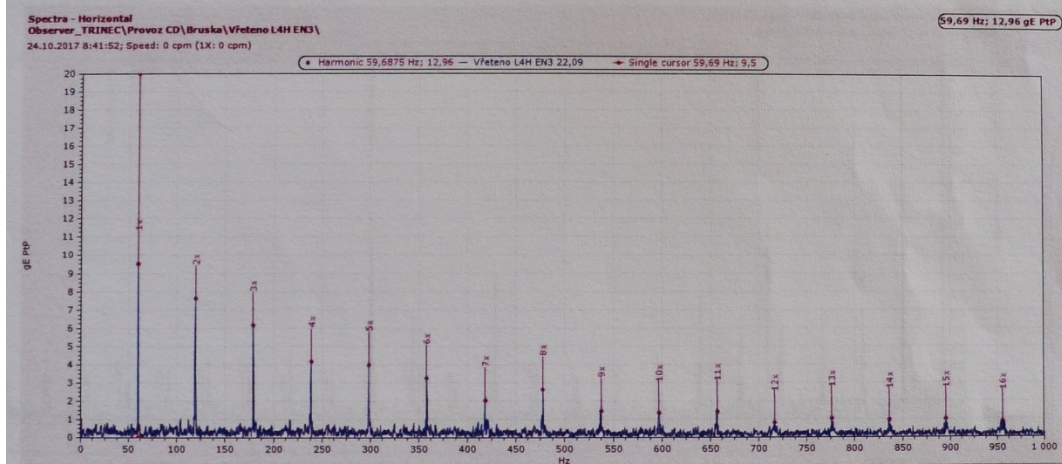


Obr.22 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L3H 7.3.2018 ( uvolnění + poškození BPFO ložiska)

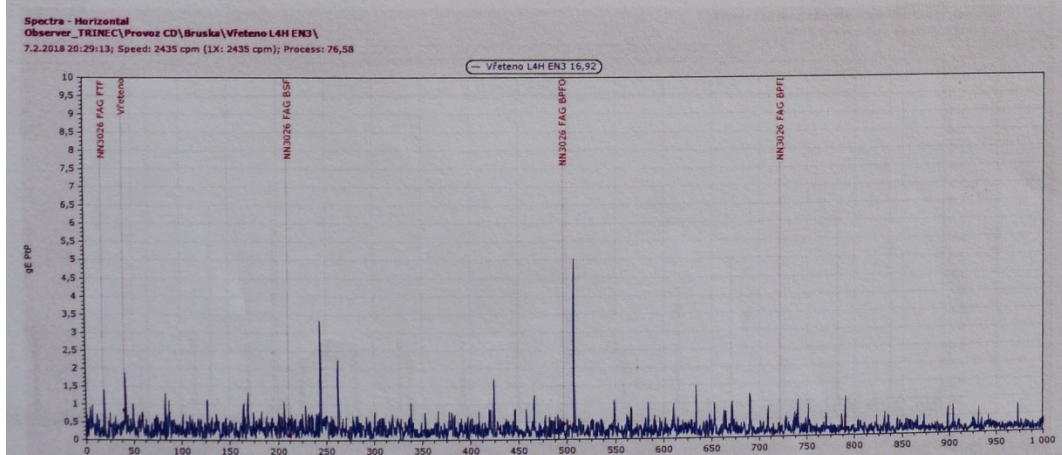




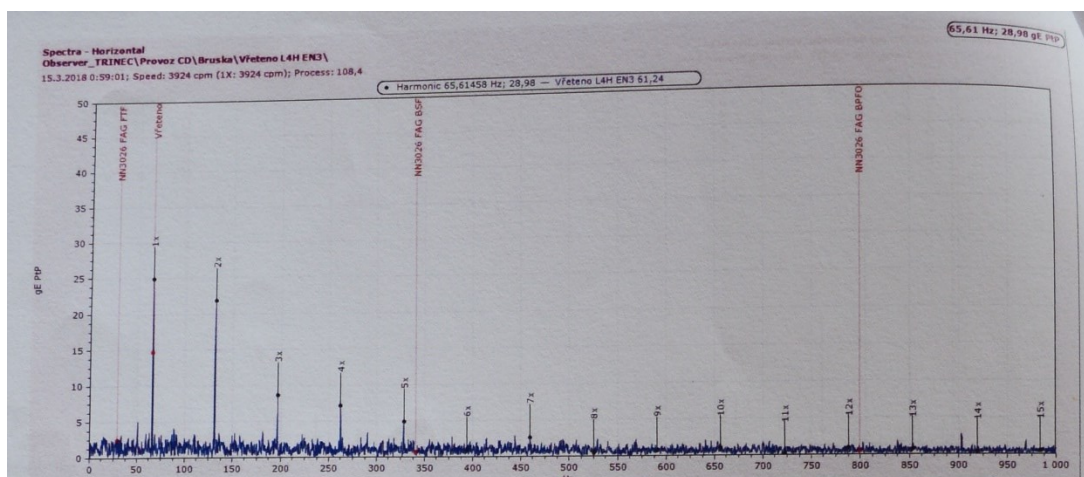
Obr.23 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L3H 16.3.2018 (uvolnění)



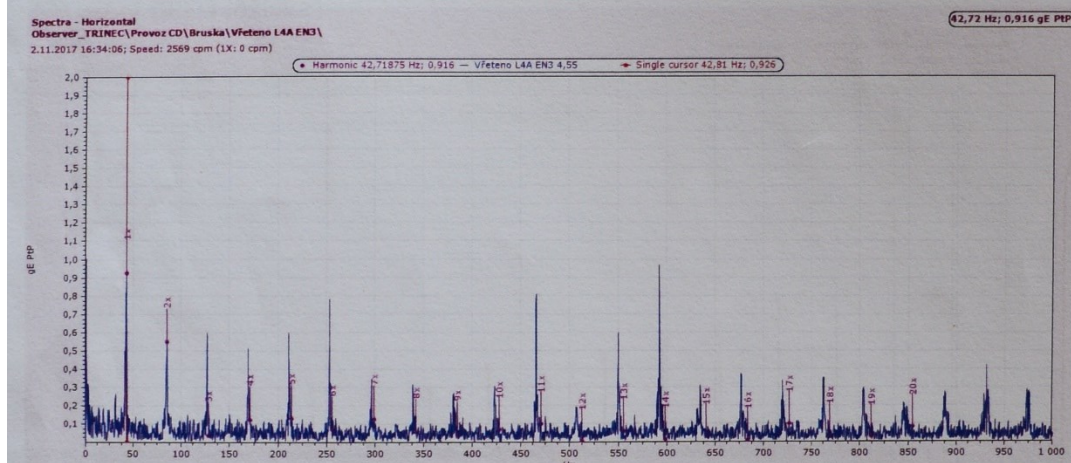
Obr.24 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4H 24.10.2017 (uvolnění)



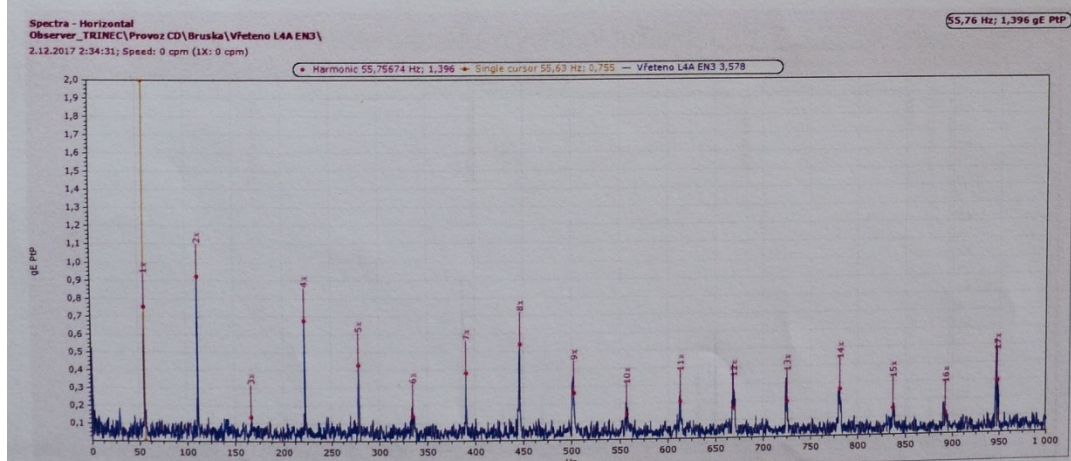
Obr.25 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4H 7.2.2018 (BPFO)



Obr.26 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4H 15.3.2018 (uvolnění)

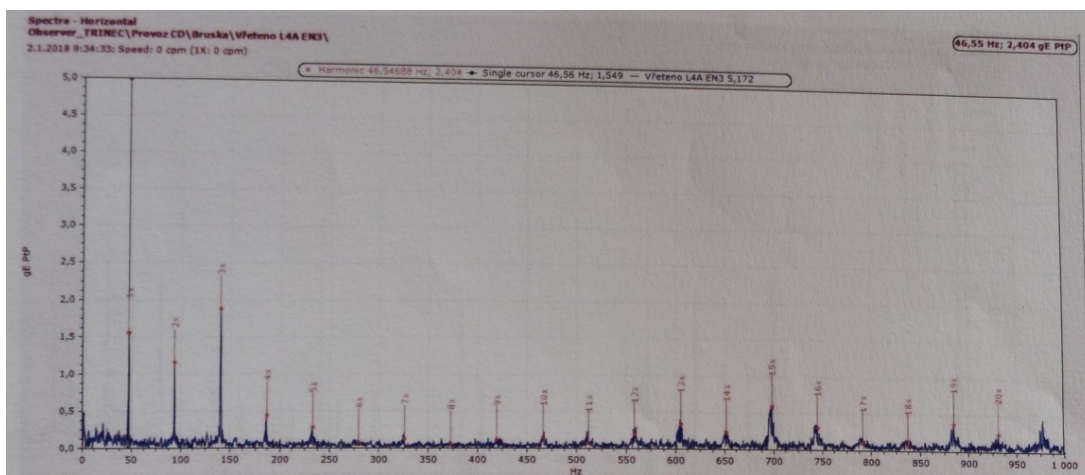


Obr.27 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4A 2.11.2017 (uvolnění)

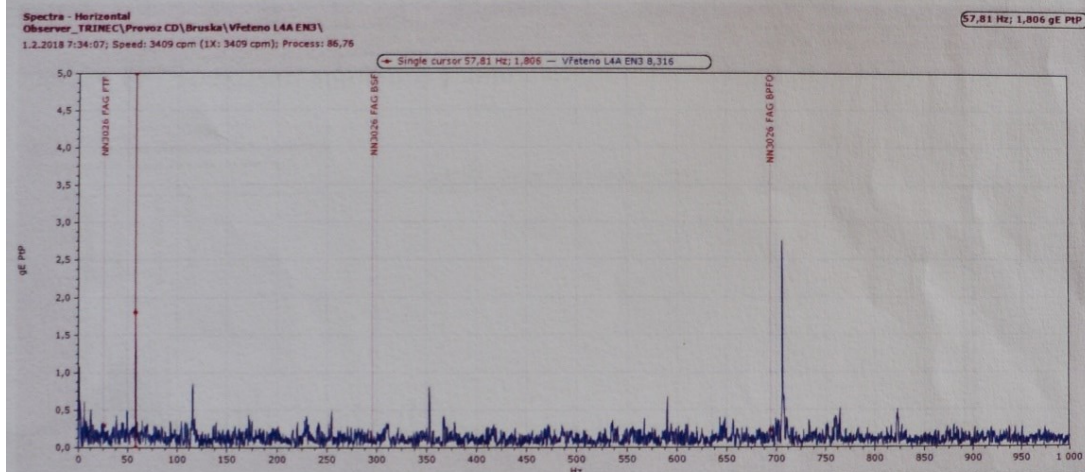


Obr.28 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4A 2.12.2017 (uvolnění)

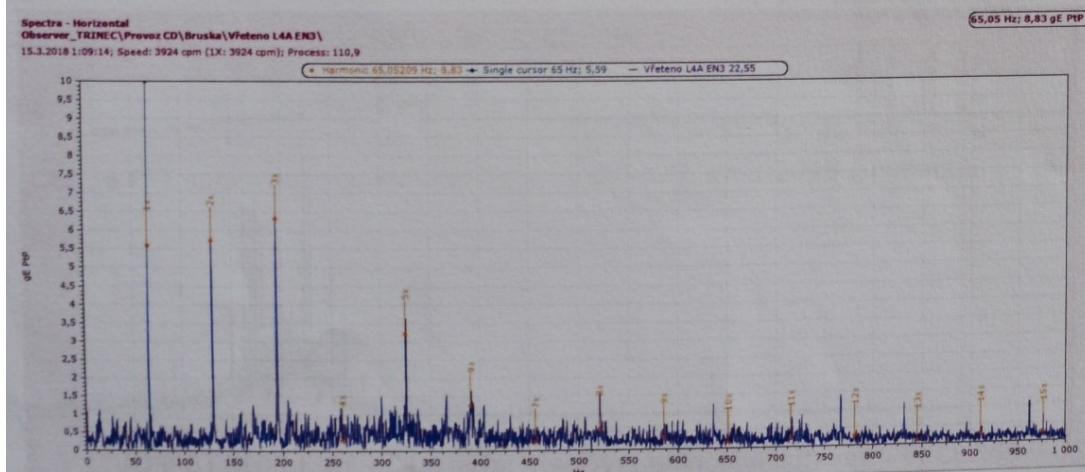




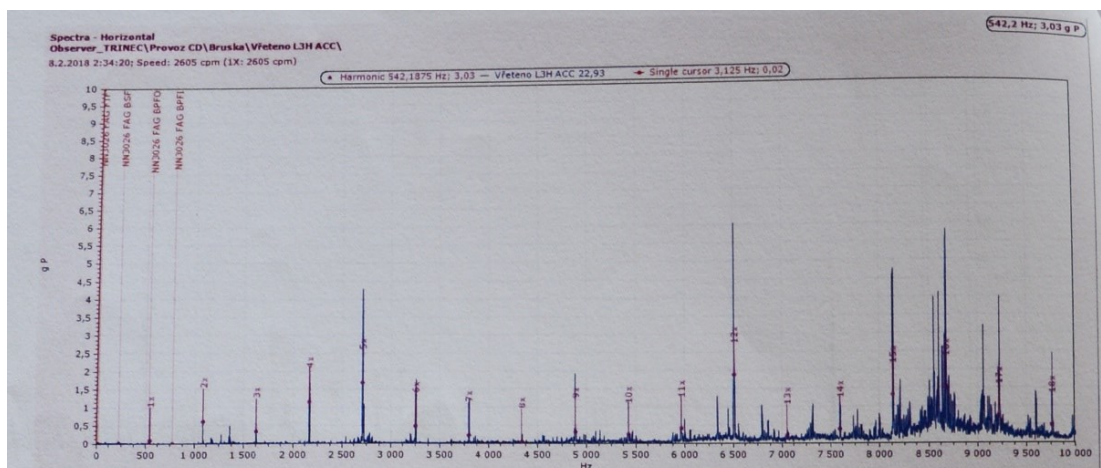
Obr.29 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4A 2.1.2018 (uvolnění)



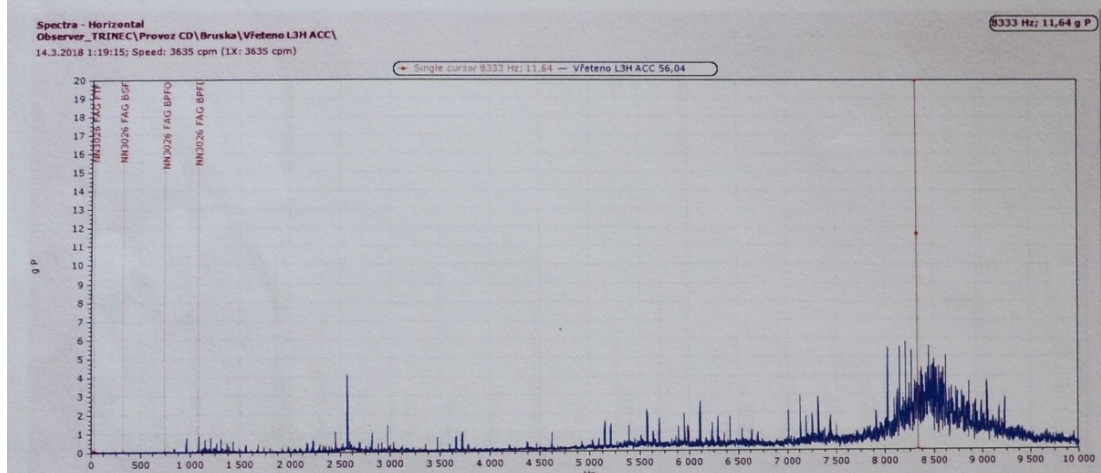
Obr.30 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4A 1.2.2018 (uvolnění + BPFO)



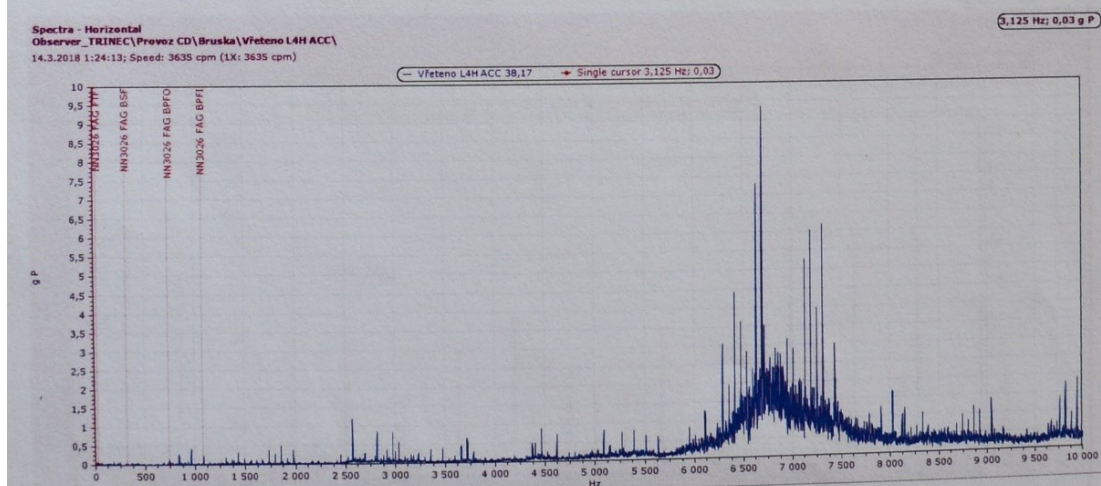
Obr.31 FFT spektrum obálky signálu zrychlení ložiska L4A 15.3.2018 (uvolnění)



Obr.31 FFT spektrum signálu zrychlení ložiska L3H 8.2.2018 (BPFO)

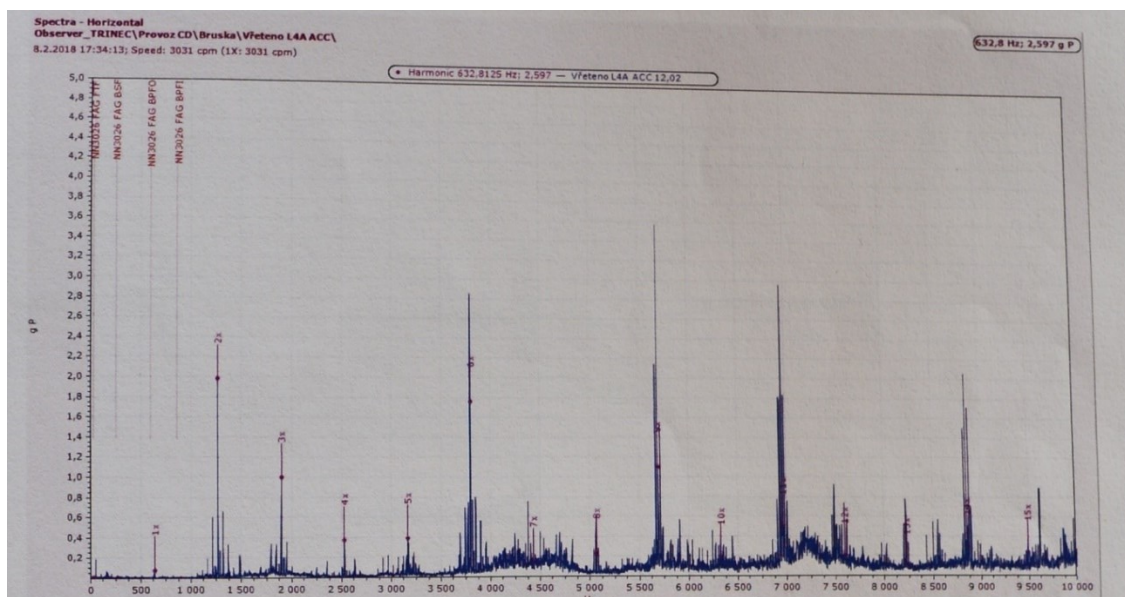


Obr.32 FFT spektrum signálu zrychlení ložiska L3H 14.3.2018 (BPFO)

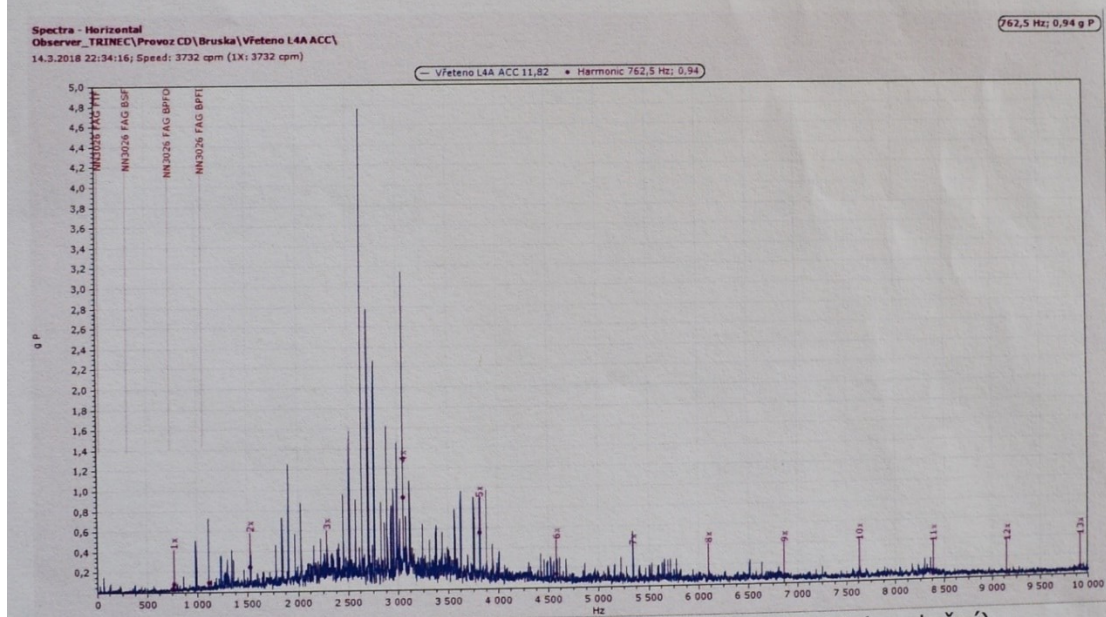


Obr.33 FFT spektrum signálu zrychlení ložiska L3H 14.3.2018 (BPFO)



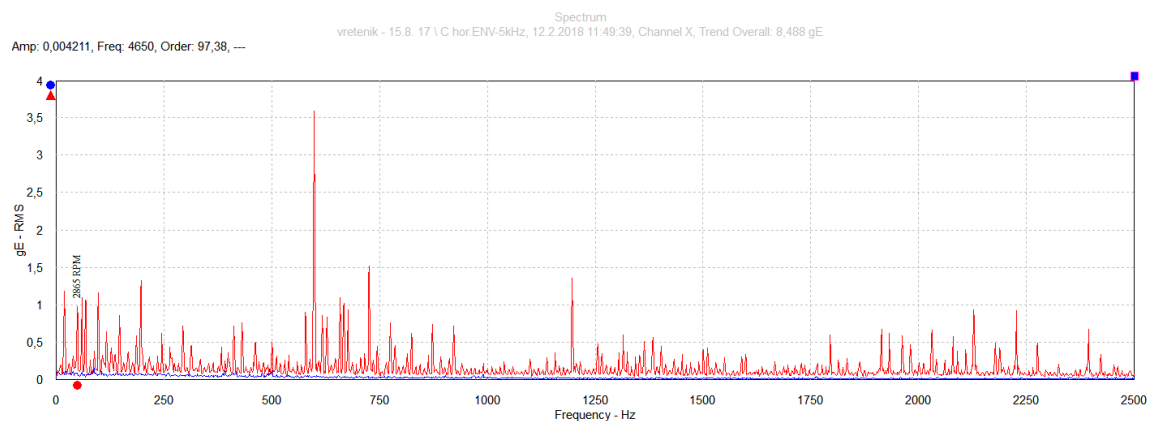


Obr.34 FFT spektrum signálu zrychlení ložiska L4A 8.2.2018 (BPFO)

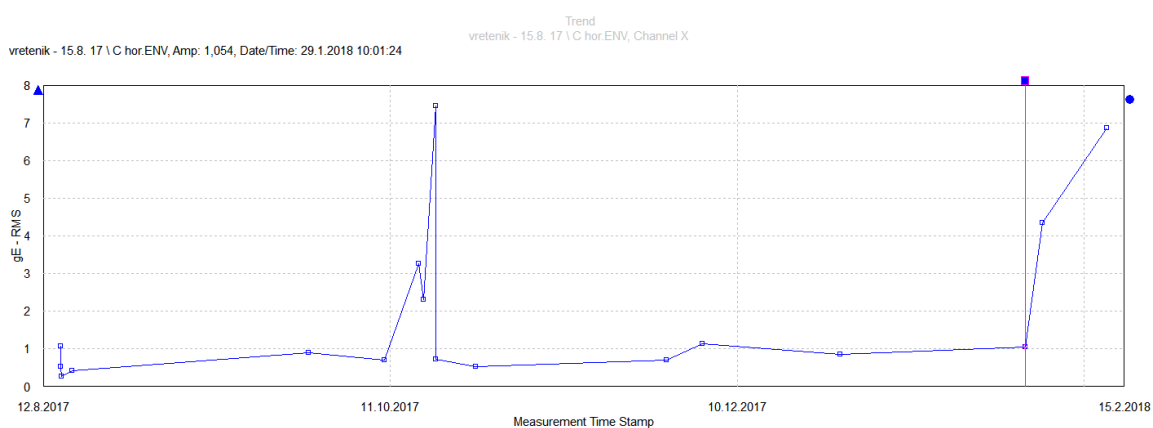


Obr.35 FFT spektrum signálu zrychlení ložiska L4A 14.3.2018 (uvolnění)

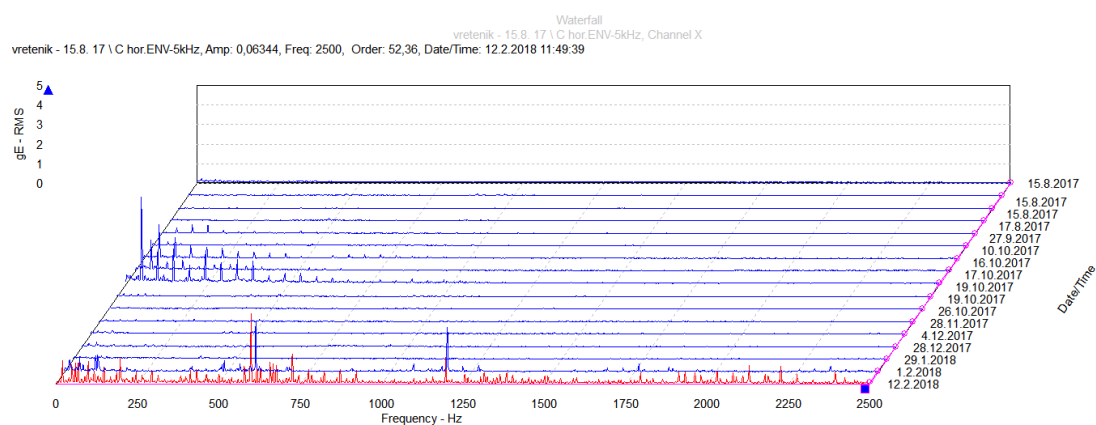
## Příloha 2 - Trendy a spektra z pochůzkového měření.



Obr. č. 1 – Spektrum obálky z 12.2.2018



Obr. č. 2 – Trend obálky od počátku měření nového vřeteníku po výměnu



Obr. č. 3 – 3-D kaskádový diagram od počátku měření nového vřeteníku po výměnu.